

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE BELLAS ARTES**  
**Departamento de Pintura**



**LA MADERA Y MATERIALES DERIVADOS EN LA  
FABRICACIÓN DE SOPORTES ARTÍSTICOS:  
APORTACIÓN ESTRUCTURAL Y ESTÉTICA.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**  
**PRESENTADA POR**

**Juan José García Garrido**

Bajo la dirección del doctor

Manuel Huertas Torrejón

**Madrid, 2010**

**ISBN: 978-84-694-0759-2**

**© Juan José García Garrido, 2003**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE BELLAS ARTES**  
Departamento de Pintura



**LA MADERA Y MATERIALES DERIVADOS EN LA  
FABRICACIÓN DE SOPORTES ARTÍSTICOS:  
APORTACIÓN ESTRUCTURAL Y ESTÉTICA**

**MEMORIA PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
POR Juan José García Garrido**

Bajo la dirección del Doctor:  
Manuel Huertas Torrejón

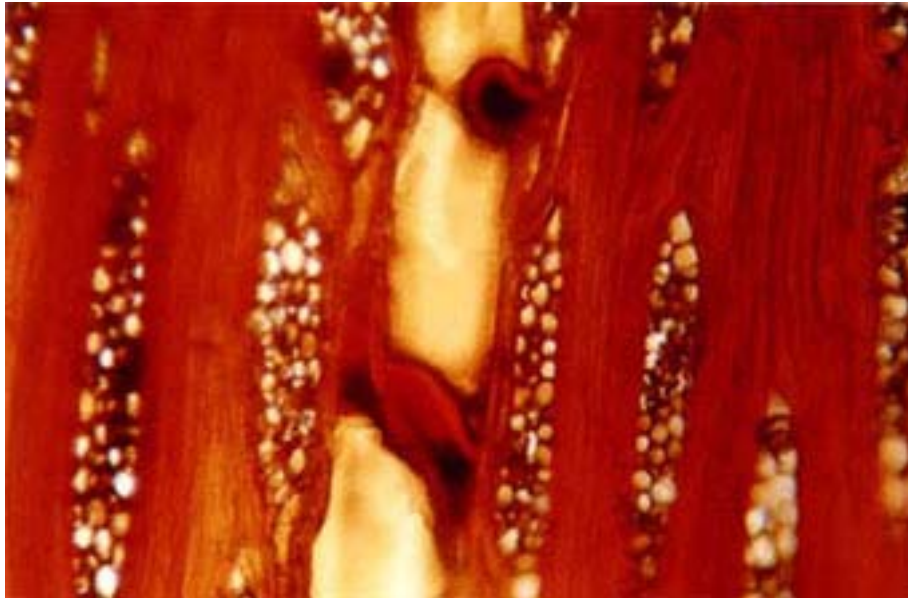
**Madrid, 2003**



# I

La madera y materiales derivados en la fabricación de soportes artísticos: aportación estructural y estética.

Juan José García Garrido





Juan José García  
Garrido



La madera y materiales derivados en la fabricación de soportes artísticos:  
aportación estructural y estética.

**La madera y materiales derivados en la fabricación de  
soportes artísticos: aportación estructural y estética.**

Juan José García Garrido

**La madera y materiales derivados en la fabricación de  
soportes artísticos: aportación estructural y estética.**

Tesis Doctoral realizada por Juan José García Garrido y  
dirigida por el Dr. Manuel Huertas Torrejón.

Madrid, 2003

Universidad Complutense de Madrid  
Facultad de Bellas Artes  
Departamento de Pintura

A Juan, mi hijo.  
Septiembre de 2003.

## AGRADECIMIENTOS

Esta lista de agradecimientos es muy extensa, porque muchos son los que con su desinteresada ayuda han contribuido a la realización de este proyecto.

A continuación paso a nombrar a aquellos cuya aportación ha sido decisiva. Al resto, que son muchos, les dedico un espacio de agradecimiento en el directorio donde se ubican las empresas que representan y desde las que me han enviado su ayuda.

Para todos ellos mi agradecimiento más sincero:

A mi *director de tesis* por su colaboración y apoyo.

A mi *esposa* por su ayuda en todo momento, comprensión y paciencia.

A mis *padres y hermanas* por facilitarme el tiempo necesario para finalizar este trabajo.

A D<sup>a</sup> *Ángeles Vian Herrero*, directora de la biblioteca de la Facultad de BB. AA. de Madrid y a D<sup>a</sup> *Amelia Valverde González*, subdirectora de la misma biblioteca, por conseguir las normas UNE, por su ayuda y por facilitarme el acceso a toda la información necesitada.

Al *MUSEO DE AMÉRICA*, y especialmente al Jefe del Departamento de Conservación *D. Andrés Escalera Ureña*, por facilitarme el uso de sus laboratorios, así como de su xiloteca.

A la *Dra. Raquel Carreras Rivery*, Investigadora Titular, miembro del Instituto Internacional de Conservación y de la Unión Nacional de Escritores y Artistas de Cuba. Profesora adjunta al Instituto Superior de Arte de La Habana y de la Cátedra Regional de la UNESCO para la Conservación del Patrimonio Cultural de América Latina y el Caribe, por introducirme en el mundo de la identificación de la madera de la mano de los cursos sobre identificación de especies, por ella impartidos en el Museo de América.

Asimismo querría darle las gracias por su amistad y ayuda al resolverme infinidad de dudas.

A *D<sup>a</sup> Isabel Gallego Lorenzo*, restauradora, por su amistad, por brindarme su taller, la utilización de su microscopio, por facilitarme muestras de maderas, y por su ayuda en la obtención de secciones para la identificación de las especies utilizadas en este trabajo.

A *D<sup>a</sup> Marta Magarzo García*, del Departamento de Marketing, Normas, Publicaciones y Servicios. División Comercial, de *AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)*, por su ayuda con el programa Suscrinorma, que tanta información me ha proporcionado.

A *D. Javier Ferreiro*, de *FINSA*, por su amabilidad al facilitarme gran cantidad de información, muestrarios de sus productos y materias primas, bibliografía y todo tipo de documentación relativa a sus tableros y a sus procesos de fabricación. También querría agradecerle las conversaciones telefónicas mantenidas y el intercambio de correo electrónico con el fin de informarme con detalle de sus productos y procesos de fabricación.

A *D. Darío Ramos Izquierdo*, gerente de *MADERAS RADO*, por facilitarme muestras de sus maderas de importación, tanto de coníferas como de frondosas, por su experto asesoramiento en la identificación de las distintas especies, así como su amabilidad al abrirme las puertas de sus instalaciones.

A *D. Bernardo Álvarez de Prado*, de *VALMET FIBER, S.A.*, Madrid (España), por su experto asesoramiento en cuanto a tecnología y maquinaria para todo tipo de tableros, a través de charlas telefónicas, correo, etc., al envío de gran cantidad de bibliografía, información y, además, por ponerme, personalmente, en contacto con *FINSA*, importantísima empresa española de fabricación y distribución de tableros.

A *Mr. Olli Mikonheimo*, Presidente, de *VALMET PANELBOARD OY*, Loviisa (Finlandia), a *Mr. Alpo Tuomi*, Vicepresidente de Marketing y Líneas de Pasta química de *VALMET CHEMICAL PULPING OY*, Pori (Finlandia), a

*Mr. Leena Hälinen*, R & D engineer, también de VALMET PANELBOARD OY, en Valko (Finlandia), por su asesoramiento técnico, por el envío de información en diferentes soportes multimedia, por el envío de distintas muestras de materias primas, así como de productos finales, por aclararme las complejas fusiones sufridas por multitud de compañías para llegar al gigante que son en la actualidad y por facilitarme el contacto con Interbon, S.A. en España.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
MARCO DE INVESTIGACIÓN.....	17
OBJETIVOS. PROPÓSITOS. ....	22
GENERALIDADES. ....	27
DESARROLLO SOSTENIBLE Y SILVICULTURA.....	37
 <b>METODOLOGÍA.....</b>	 <b>41</b>
ORGANIZACIÓN.....	41
FUENTES DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN. ....	42
MATERIALES, ÚTILES, HERRAMIENTAS.....	46
TERMINOLOGÍA TRADUCIDA. ....	49
 <b>1 LA FORMACIÓN DEL LEÑO: PRIMER PASO EN LA OBTENCIÓN DE LA MADERA Y DERIVADOS.....</b>	 <b>51</b>
1.1 GENERALIDADES. ....	51
1.2 SISTEMAS PRINCIPALES QUE COMPONEN EL CUERPO VEGETATIVO DE LOS ESPERMATÓFITOS. EL ÓRGANO DEL TALLO. ....	65
1.3 EL DESARROLLO DE LA PLANTA.....	67
1.3.1 CRECIMIENTO PRIMARIO.....	70
1.3.2 CRECIMIENTO SECUNDARIO.....	72
1.3.2.1 Estructura macroscópica.....	73
1.3.2.2 Estructura microscópica.....	90
1.3.2.3 Clasificación de las maderas en función de su estructura.....	93
1.4 CONSTITUCIÓN QUÍMICA. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PARED O TABIQUE CELULAR. ....	107
 <b>2 LA MADERA COMO MATERIAL. PROPIEDADES.....</b>	 <b>115</b>
2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA.....	118
2.1.1 DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO. ....	119
2.1.2 DUREZA.....	124
2.1.3 PROPIEDADES TÉRMICAS.....	127
2.1.4 PROPIEDADES ELÉCTRICAS.....	128
2.1.5 PROPIEDADES ACÚSTICAS.....	129
2.1.6 RESISTENCIA AL FUEGO. COMBUSTIBILIDAD.....	129
2.1.7 DURABILIDAD.....	132
2.1.7.1 Generalidades.....	134
2.1.7.2 Tratamientos protectores fluidos.....	148
2.1.8 TRANSFORMACIONES O MODIFICACIONES SUFRIDAS POR LA MADERA DADA SU NATURALEZA ORGÁNICA.....	161
2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.....	162
2.2.1 RESISTENCIA.....	162

2.2.1.1	Resistencia a la compresión.....	164
2.2.1.2	Resistencia a la tracción. ....	167
2.2.1.3	Flexión.....	168
2.2.1.4	Esfuerzo cortante. ....	171
2.2.1.5	Elasticidad. ....	173
2.2.1.6	Resiliencia. ....	174
2.2.2	<i>FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.</i> .....	174
2.3	<b>OTRAS CARACTERÍSTICAS DERIVADAS DE LA PROPIA NATURALEZA DE LA MADERA.</b> .....	175
2.3.1	<i>MANIPULACIÓN:</i> .....	175
2.3.2	<i>NOBLEZA:</i> .....	176
2.3.3	<i>NIVELES SENSORIALES:</i> .....	176
2.3.4	<i>ACCIÓN CORROSIVA PRODUCIDA POR LA MADERA.</i> .....	185
2.3.4.1	Acción corrosiva producida por la madera natural.....	185
2.3.4.2	Acción corrosiva producida por los tableros derivados de la madera. ....	186
3	<b>APROVECHAMIENTO TRADICIONAL DEL FUSTE.....</b>	189
3.1	<b>ELEMENTOS BASE DE LOS PRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE LA MADERA Y DERIVADOS.</b> .....	189
3.1.1	<i>ELEMENTOS MADEREROS BÁSICOS.</i> .....	189
3.1.2	<i>CODIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS MADEREROS POR LA FAO.</i> .....	192
3.2	<b>APROVECHAMIENTO DE LA MADERA EN BRUTO: PROCESO DE CONVERSIÓN DE LA MADERA EN BRUTO EN MADERA DE SIERRA.</b> .....	197
3.2.1	<i>PROCESO CRONOLÓGICO.</i> .....	205
3.2.1.1	Apeo. ....	205
3.2.1.2	Desrame. ....	209
3.2.1.3	Descortezado. ....	209
3.2.1.4	Secado.....	211
3.2.1.5	Tronzado o Troceo.....	211
3.2.1.6	Despiece. ....	215
3.2.2	<i>ESCUADRÍAS.</i> .....	228
3.2.2.1	Definición. ....	228
3.2.2.2	Superficies (terminología). ....	229
3.2.2.3	Piezas (terminología). ....	230
3.2.2.4	Calidad de la madera aserrada. ....	232
3.2.3	<i>EL TRABAJO DE LA MADERA.</i> .....	234
3.2.3.1	¿Qué es?.....	235
3.2.3.2	Equilibrio higroscópico: .....	236
3.2.3.3	La contracción, retracción o merma en la madera. ....	238
3.2.3.4	Hinchazón en la madera: .....	246
3.2.3.5	Causas que pueden modificar el contenido de humedad en la madera. ....	246
3.2.4	<i>SECADO DE LA MADERA.</i> .....	247
3.2.4.1	Humedad de la madera (relación agua-madera). ....	249
3.2.4.2	Sistemas de desecación para la madera maciza.....	252

3.2.4.2.1	Defectos de secado.	264
3.2.4.3	Sistemas de desecación para la madera en chapa.	265
3.2.5	ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL DE LA MADERA.	265
<b>3.3</b>	<b>MADERA EN CHAPA.</b>	<b>266</b>
3.3.1	DEFINICIÓN.	266
3.3.2	BREVE HISTORIA.	266
3.3.3	CLASIFICACIÓN.	267
3.3.3.1	Atendiendo al procedimiento de obtención.	267
3.3.3.2	Según la finalidad de aplicación.	294
3.3.4	MANIPULACIONES Y DIMENSIONADO.	310
3.3.5	ESPECIES APROPIADAS Y/O MÁS USUALES.	315
3.3.5.1	Finalidad decorativa.	316
3.3.5.2	Finalidad técnica.	329
<b>3.4</b>	<b>EL CORCHO.</b>	<b>336</b>
3.4.1	DEFINICIÓN.	337
3.4.2	TIPOS DE CORCHO QUE PODEMOS ENCONTRAR.	341
3.4.3	OBTENCIÓN DEL CORCHO.	344
3.4.4	APUNTES HISTÓRICOS.	346
3.4.5	CARACTERÍSTICAS / PROPIEDADES.	347
3.4.6	MATERIALES OBTENIDOS DEL CORCHO NATURAL.	350
3.4.6.1	Productos laminares.	350
3.4.6.2	Otros productos.	360
3.4.7	UTILIDADES, APLICACIONES, USOS.	361
3.4.8	ADHESIVOS.	361
3.4.9	UTILIZACIÓN DEL CORCHO COMO PRODUCTO DERIVADO DE LA MADERA. ...	362
<b>4</b>	<b>DEFECTOS CARACTERÍSTICOS DE LAS MADERAS.</b>	<b>363</b>
4.1	GENERALIDADES.	363
4.2	ATENDIENDO A LA FORMA DEL TRONCO.	365
4.2.1	CURVATURA O FUSTE CURVADO.	365
4.2.2	CONICIDAD O TRONCO CÓNICO.	365
4.2.3	BIFURCACIONES.	366
4.3	DEFECTOS DE CONSTITUCIÓN ANATÓMICA.	367
4.3.1	NUDOS.	367
4.3.2	AGALLAS, GRIETAS RESINOSAS, FAJAS DE SAVIA, CANALES DE LÁTEX Y ACUMULACIONES MINERALES.	372
4.3.3	ALTERACIONES DE COLOR DE LA MADERA.	373
4.3.4	PASMO.	374
4.3.5	MADERA ESPONJOSA.	375
4.3.6	MADERA DE TREPA.	375
4.4	DEFECTOS POR DAÑO O ENFERMEDAD.	375
4.4.1	MUÉRDAGO.	375
4.4.2	OQUEDADES. ÚLCERA. LLAGA.	375

4.4.3	DAÑOS POR EL RAYO, LA NIEVE, EL VIENTO.....	376
4.4.4	QUEMADURAS DE LA CORTEZA: FUEGO, SOL, ETC. ....	376
4.4.5	DAÑOS PRODUCIDOS POR XILÓFAGOS (INSECTOS Y HONGOS). PUDRICIÓN PARDA. PUDRICIÓN BLANCA. ....	377
4.4.6	DESOLLONES. ....	378
4.5	DEFECTOS EN LA MECANIZACIÓN Y/O MANIPULACIÓN.....	378
4.6	DEFECTOS RELACIONADOS CON LA FIBRA.....	380
4.6.1	TRONCOS REVIRADOS. ....	380
4.6.2	FIBRA ONDULADA.....	381
4.6.3	FIBRA ENTRELAZADA. ....	381
4.7	DEFECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO DEL CAMBIUM. ....	382
4.7.1	ANILLOS IRREGULARES O IRREGULARIDAD DE ESPESOR DE LOS ANILLOS	382
4.7.2	ANILLOS FESTONEADOS. ....	383
4.7.3	CRECIMIENTO EXCÉNTRICO. ....	383
4.8	DEFECTOS PRODUCIDOS POR CAUSAS DIVERSAS. ....	385
4.8.1	FENDAS. ....	385
4.8.1.1	Fendas de heladura. ....	386
4.8.1.2	Dsecación exterior. ....	386
4.8.1.3	Dsecación interior. ....	387
4.8.1.4	Fendas de apeo. ....	389
4.8.2	ACEBOLLADURA. ....	389
5	LA MADERA Y LOS ADHESIVOS.....	391
5.1	GENERALIDADES. ....	392
5.2	CONCEPTOS BÁSICOS. ....	395
5.3	PROPIEDADES DE LOS ADHESIVOS PARA LA MADERA. ....	404
5.4	PROCESO DE UNIÓN. ....	406
5.4.1	REQUISITOS. (CONDICIONES PARA EL ENCOLADO. PROTOCOLO). ....	407
5.4.2	CURADO O FRAGUADO. ....	411
5.4.3	PRENSADO. ....	412
5.4.4	CLASES DE ENCOLADOS QUE PODEMOS ENCONTRAR EN EL TRABAJO CON LA MADERA. ....	414
5.4.5	ALGUNOS CONSEJOS A LA HORA DE MANIPULAR ALGUNOS ADHESIVOS. ..	417
5.5	CLASIFICACIONES.....	418
5.5.1	CLASIFICACIÓN DE ADHESIVOS NO ESTRUCTURALES PARA UNIONES DE MADERA Y PRODUCTOS DERIVADOS DE ELLA, EN FUNCIÓN DE LOS GRUPOS DE ESFUERZOS. ....	418
5.5.2	CLASIFICACIÓN GENERAL, SEGÚN SU ORIGEN O PROCEDENCIA. ....	419
5.5.3	TIPOS DE ADHESIVOS Y SUS PRINCIPALES COMPONENTES SEGÚN LA TABLA A1 DE LA NORMA UNE-EN 923:2000. ....	429
5.5.4	ADHESIVOS PARA SELLADO EN CALIENTE. ....	431

5.5.5	TIPOS DE ADHESIVOS Y PRODUCTOS RELACIONADOS, SEGÚN LA NORMA UNE-EN 1066:1997.....	432
5.5.6	MASILLAS.....	432
5.5.7	OTRAS MASILLAS.....	433
5.5.8	ADHESIVOS HOT-MELT.....	433
5.5.9	ADHESIVOS SEGÚN EL TIPO DE CURADO.....	434
5.6	DESARROLLO DE LOS ADHESIVOS SEGÚN EL SISTEMA DE CURADO UTILIZADO.....	436
5.6.1	ADHESIVOS QUE CURAN SIN REACCIÓN QUÍMICA.....	436
5.6.1.1	Adhesivos en los que el disolvente se evapora antes de efectuarse la unión.....	436
5.6.1.2	Adhesivos aplicados a los sustratos sin el concurso de disolvente.....	441
5.6.1.3	Adhesivos que curan sin reacción química y en los que el disolvente se evapora durante la unión.....	445
5.6.2	ADHESIVOS QUE CURAN POR REACCIÓN QUÍMICA.....	469
5.6.2.1	Curado por polimerización.....	469
5.6.2.2	Curado por poliadición.....	471
5.6.2.3	Curado por condensación.....	475
6	CRONOLOGÍA DE ALGUNOS ACONTECIMIENTOS IMPORTANTES EN LA VIDA DE LA MADERA. TABLA DE EFEMÉRIDES.....	495
7	EL TABLERO DE MADERA: PARTE INTEGRANTE DEL SOPORTE ARTÍSTICO.....	525
7.1	TABLEROS. GENERALIDADES.....	525
7.1.1	CONCEPTOS.....	526
7.1.2	EL TABLERO DE MADERA MODERNO.....	532
7.1.3	CLASIFICACIÓN GENERAL, SEGÚN NORMAS UNE.....	539
7.2	TABLEROS DE MADERA MACIZA.....	545
7.2.1	TABLEROS ENSAMBLADOS.....	545
7.2.2	TABLEROS ALISTONADOS.....	545
7.2.2.1	Definición.....	546
7.2.2.2	Materiales.....	548
7.2.2.3	Tipos.....	550
7.2.2.4	Propiedades del tablero alistonado interior.....	553
7.2.2.5	Dimensiones.....	554
7.2.2.6	Aplicaciones.....	555
7.2.2.7	Fabricación.....	555
7.2.2.8	Obtención de la madera soporte.....	557
7.2.3	TABLEROS DE ALMA ENLISTONADA.....	563
7.2.3.1	Definición.....	563
7.2.3.2	Historia.....	565
7.2.3.3	Materiales.....	566
7.2.3.4	Proceso de fabricación.....	570
7.2.3.5	Características.....	580

7.2.3.6	Tipos de tableros.....	582
7.2.3.7	Clasificación en función del nº de capas. ....	591
7.2.3.8	Dimensiones. ....	592
7.2.3.9	Aplicaciones. ....	593
7.2.3.10	Almacenaje. ....	594
7.2.4	<i>TABLEROS DELGADOS DE MADERA SÓLIDA, NATURAL O MACIZA.....</i>	<i>594</i>
7.2.4.1	Tablero tricapa.....	594
7.2.4.2	Tablero de madera contralaminada.....	597
7.2.4.3	Tableros formados por tablas de sección trapezoidal.....	599
7.3	<b>TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA.....</b>	<b>600</b>
7.3.1	<i>TABLEROS DE CHAPAS. ....</i>	<i>600</i>
7.3.1.1	Tableros contrachapados. ....	600
7.3.1.1.1	Antecedentes históricos.....	601
7.3.1.1.2	Definición.....	613
7.3.1.1.3	Nomenclatura. ....	615
7.3.1.1.4	Materiales. ....	621
7.3.1.1.5	Línea de fabricación. ....	658
7.3.1.1.6	Clasificación según normas UNE.....	675
7.3.1.1.7	Propiedades / Características.....	678
7.3.1.1.8	Usos o aplicaciones. ....	694
7.3.1.1.9	Algunas composiciones de tableros.....	698
7.3.1.2	Tablero laminado.....	737
7.3.1.2.1	Definición.....	737
7.3.1.2.2	Proceso de fabricación.....	738
7.3.1.2.3	Usos o aplicaciones. ....	740
7.3.1.2.4	Características y propiedades. ....	741
7.3.2	<i>TABLEROS AGLOMERADOS DE PARTÍCULAS DE MADERA.....</i>	<i>743</i>
7.3.2.1	Definición. ....	744
7.3.2.2	Historia. ....	746
7.3.2.3	Materiales. ....	753
7.3.2.3.1	Materia prima. ....	753
7.3.2.3.2	Adhesivos. ....	756
7.3.2.3.3	Aditivos. ....	758
7.3.2.4	Dimensiones. ....	758
7.3.2.5	Proceso de fabricación.....	759
7.3.2.5.1	Fragmentación y preparación de las partículas. ....	761
7.3.2.5.2	Secado.....	764
7.3.2.5.3	Encolado.....	764
7.3.2.5.4	Formación de la manta. ....	765
7.3.2.5.5	Preprensado y prensado.....	769
7.3.2.5.6	Acondicionado posterior al prensado. ....	771
7.3.2.5.7	Acabado: Dimensionado, Canteado, Lijado.....	772
7.3.2.5.8	Expedición. Distribución.....	772
7.3.2.6	Clasificación.....	773
7.3.2.6.1	Clasificaciones según las normas UNE.....	774
7.3.2.6.2	Clasificación según la FAO (Informe de 1959). ....	780
7.3.2.6.3	Por el tipo de prensado empleado en la fabricación.....	781
7.3.2.6.4	Por el peso específico. ....	788
7.3.2.6.5	Según acabado superficial:.....	789

7.3.2.6.6	Clasificación en función de su uso, según la normativa europea.	796
7.3.2.7	Propiedades físicas.	796
7.3.2.7.1	Peso específico o densidad.	797
7.3.2.7.2	Conductividad Térmica (aislamiento térmico).	797
7.3.2.7.3	Aislamiento acústico o fónico.	798
7.3.2.7.4	Reacción y resistencia al fuego.	798
7.3.2.8	Propiedades mecánicas.	799
7.3.2.9	Patentes comercializadas en España.	800
7.3.2.10	Empresas que comercializan estos productos.	800
7.3.2.11	Productos comerciales.	800
7.3.2.12	Productos comerciales y terminología según la FAO, en 1957.	801
7.3.2.13	Aplicaciones.	805
7.3.2.14	Encolado a otros materiales.	805
7.3.3	<i>TABLEROS DE FIBRAS.</i>	807
7.3.3.1	Definición.	808
7.3.3.2	Historia.	809
7.3.3.3	Procesos de fabricación.	813
7.3.3.3.1	Proceso de fabricación seco.	813
7.3.3.3.2	Proceso de fabricación húmedo.	818
7.3.3.4	Materiales.	822
7.3.3.4.1	Materias primas.	822
7.3.3.4.2	Adhesivos.	826
7.3.3.4.3	Aditamentos.	826
7.3.3.5	Clasificación.	827
7.3.3.5.1	Clasificación según normas UNE.	827
7.3.3.5.2	Clasificación según la FAO (Informe de 1959).	830
7.3.3.5.3	En función del proceso de fabricación utilizado.	833
7.3.3.5.4	Proceso húmedo (sin aglutinante).	834
7.3.3.5.5	Proceso seco o afieltrado en seco. (Con aglutinante).	847
7.3.3.5.6	Denominación de los tableros según su composición.	856
7.3.3.6	Otros tableros de fibras.	857
7.3.3.6.1	Tableros laminados (usados en la construcción). Tablero de cartón laminado (Laminated paper board).	857
7.3.3.6.2	Paneles para suelos reductores de ruidos. Paneles de sub-capa absorbentes de ruidos.	858
7.3.3.7	Propiedades.	859
7.3.3.7.1	Propiedades de los tableros de fibras de alta densidad.	859
7.3.3.7.2	Propiedades de los tableros de densidad media (MDF).	860
7.3.3.7.3	Propiedades de los tableros de fibras duros.	861
7.3.3.8	Productos comerciales.	862
7.3.3.8.1	Productos comerciales según la FAO, en 1957.	862
7.3.4	<i>TABLEROS DE MADERA-CEMENTO.</i>	866
7.3.4.1	Definición.	867
7.3.4.2	Características.	867
7.3.4.3	Clasificación según las normas UNE.	867
7.3.4.4	Materiales.	868
7.3.4.5	Dimensiones.	869
7.3.4.6	Productos comerciales.	869
7.3.4.7	Usos.	870

7.3.5	<i>PANELES O TABLEROS DE COMPONENTES ESTRATIFICADOS HUECOS Y/O MACIZOS.</i>	871
7.3.5.1	Tableros armados.	871
7.3.5.1.1	Definición.	872
7.3.5.1.2	Historia.	873
7.3.5.1.3	Materiales.	873
7.3.5.1.4	Dimensiones.	877
7.3.5.1.5	Proceso de fabricación de estos soportes basados en el concepto de tablero ligero y resistente, derivado de la fabricación de puertas planas.	878
7.3.5.1.6	Clasificación en función del alma.	881
7.3.5.1.7	Alma formada por tableros de fibras.	905
7.3.5.1.8	Propiedades de los tableros armados.	907
7.3.5.1.9	Aplicaciones de los tableros armados.	907
7.3.5.2	Tableros mixtos.	911
<b>8</b>	<b>ALGUNOS TRATAMIENTOS ESPECIALES APLICADOS A LA MADERA Y ENCAMINADOS A MODIFICAR SUS PROPIEDADES...</b>	<b>915</b>
8.1	INTRODUCCIÓN.	915
8.2	MADERA PLÁSTICA.	923
8.3	METALIZACIÓN DE LA MADERA.	925
8.4	IMPREGNACIÓN SIN ALTA COMPRESIÓN.	927
8.4.1	IMPREGNACIÓN SIN ALTA COMPRESIÓN (PRESIÓN DE ENCOLADO) SOBRE CHAPAS DELGADAS.	927
8.4.1.1	Por aplicación del adhesivo en láminas.	928
8.4.1.2	Por embadurnamiento con el adhesivo.	928
8.4.2	IMPREGNACIÓN SIN ALTA COMPRESIÓN (PRESIÓN DE ENCOLADO) SOBRE MADERA MACIZA.	928
8.5	COMPRESIÓN DE LA MADERA.	930
8.5.1	MADERA COMPRIMIDA.	932
8.5.2	MADERA ORTOCOMPRIMIDA.	933
8.6	IMPREGNACIÓN Y COMPRESIÓN DE LA MADERA.	936
8.6.1	IMPREGNACIÓN CON RESINAS TERMOENDURECIBLES.	936
8.6.2	IMPREGNACIÓN CON RESINAS TERMOPLÁSTICAS Y COMPRESIÓN.	938
8.6.3	ÚLTIMOS INTENTOS DE IMPREGNACIÓN Y COMPRESIÓN.	939
8.7	MADERA ENCOLADA Y COMPRIMIDA	940
8.8	MODIFICACIÓN QUÍMICA DE LA MADERA: MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRAS DE MADERA.	942
8.8.1	LICUACIÓN DE LA MADERA.	943
8.8.2	MADERA EXTRUSIONADA.	943
8.9	MINERALIZACIÓN DE LA MADERA.	946



8.10	MADERA ESTABILIZADA TÉRMICAMENTE.	947
8.11	MATERIAL DE DENSIDAD DIFERENCIAL.	952
<b>9</b>	<b>MADERA DE INGENIERÍA.</b>	<b>953</b>
9.1	MADERA MICROLAMINADA.	956
9.1.1	DEFINICIÓN.	956
9.1.2	HISTORIA.	956
9.1.3	CARACTERÍSTICAS GENERALES.	957
9.1.4	MATERIALES.	959
9.1.4.1	Especies de madera.	959
9.1.4.2	Adhesivos utilizados.	960
9.1.5	LÍNEA DE FABRICACIÓN.	960
9.1.6	CLASIFICACIÓN.	962
9.1.7	DIMENSIONES DEL PRODUCTO.	962
9.1.8	USOS.	964
9.2	VIGUETAS DE DOBLE “T”.	964
9.2.1	DEFINICIÓN.	964
9.2.2	CARACTERÍSTICAS.	965
9.2.3	MATERIALES.	965
9.2.4	NORMAS.	966
9.3	MADERA LAMINADA.	967
9.3.1	DEFINICIÓN.	968
9.3.2	ANTECEDENTES HISTÓRICOS. (LAMINADO VERTICAL/LAMINADO HORIZONTAL.)	972
9.3.3	MATERIALES.	975
9.3.3.1	Madera.	975
9.3.3.2	Adhesivos.	976
9.3.4	SISTEMA DE FABRICACIÓN.	977
9.3.5	DIMENSIONES.	983
9.3.6	APLICACIONES.	984
9.3.7	CARACTERÍSTICAS.	985
9.3.8	FIRMAS QUE COMERCIALIZAN ESTE PRODUCTO.	988
9.3.9	OTROS MATERIALES DERIVADOS DE LA MADERA LAMINADA.	988
9.3.9.1	Madera laminada reforzada.	988
9.3.9.2	Madera postensada.	989
9.3.10	MATERIALES BASADOS EN EL MISMO CONCEPTO DE LA MADERA LAMINADA: PERFILES LAMINADOS.	989
9.3.10.1	Definición.	989
9.3.10.2	Materiales.	990
9.3.10.3	Fabricación.	990
9.3.10.4	Escuadrías.	990
9.4	WAFERBOARD.	991
9.4.1	HISTORIA.	991
9.4.2	MOTIVO DE APARICIÓN.	992

9.4.3	MATERIALES. ....	992
9.4.3.1	Especies de madera. ....	992
9.4.3.2	Adhesivos. ....	992
9.4.4	GROSOR DE LOS TABLEROS. ....	992
9.4.5	CARACTERÍSTICAS. ....	993
9.4.6	PROPIEDADES BÁSICAS DE ESTOS TABLEROS. ....	993
9.4.7	FABRICACIÓN. ....	993
9.4.8	APLICACIONES. ....	994
9.5	TABLERO OSB. ....	994
9.5.1	DEFINICIÓN. ....	995
9.5.2	HISTORIA. ....	996
9.5.3	FÁBRICAS EN EUROPA. ....	998
9.5.4	MOTIVO DE APARICIÓN. ....	999
9.5.5	CARACTERÍSTICAS. ....	999
9.5.6	NORMATIVA. ....	1001
9.5.7	PROPIEDADES. ....	1001
9.5.8	TIPOLOGÍA Y PRODUCTOS COMERCIALES. ....	1002
9.5.9	DIMENSIONES. ....	1008
9.5.10	FABRICACIÓN. ....	1010
9.5.11	MATERIALES. ....	1016
9.5.11.1	Especies utilizadas. ....	1016
9.5.11.2	Adhesivos. ....	1016
9.5.11.3	Aditamentos. ....	1017
9.5.12	USOS. ....	1017
9.5.13	OTROS PRODUCTOS DERIVADOS DEL OSB. ....	1018
9.6	PSL (PARALLEL STRAND LUMBER). ....	1020
9.6.1	DEFINICIÓN. ....	1020
9.6.2	HISTORIA. ....	1020
9.6.3	CARACTERÍSTICAS. ....	1020
9.6.4	MATERIALES. ....	1021
9.6.4.1	Especies. ....	1021
9.6.4.2	Adhesivos. ....	1021
9.6.5	LÍNEA DE FABRICACIÓN. ....	1022
9.6.6	DIMENSIONES. ....	1022
9.6.7	USOS. ....	1023
9.6.8	OTROS PRODUCTOS. ....	1023
9.6.9	EMPRESAS FABRICANTES. ....	1024
9.7	LSL (LAMINATED STRAND LUMBER). ....	1024
9.7.1	CARACTERÍSTICAS. ....	1024
9.7.2	HISTORIA. ....	1024
9.7.3	MATERIALES. ....	1025
9.7.4	PROCESO DE FABRICACIÓN. ....	1025
9.7.5	DIMENSIONES. ....	1026
9.7.6	FIRMAS QUE LO COMERCIALIZAN. ....	1026
9.7.7	USOS. ....	1026

<b>10 OTROS MATERIALES Y PRODUCTOS DERIVADOS DE LA MADERA.</b>	<b>1027</b>
10.1 OTROS TABLEROS.	1027
10.1.1 TABLEROS CONTRACHAPADOS DE BAMBÚ.	1027
10.1.2 TABLEROS DE PAJA.	1027
10.1.3 COMBINACIONES DE CHAPA O CONTRACHAPADO Y FIBROCEMENTO. ...	1028
10.1.4 COMBINACIONES DE CHAPA O CONTRACHAPADO Y CHAPA DE METAL. .	1028
10.1.5 ELEMENTOS ESTRUCTURALES HUECOS.	1030
10.2 OTROS MATERIALES DERIVADOS DE LA CHAPA DE MADERA.	1031
10.2.1 CHAPAS DE MADERA RECONSTITUIDA.	1031
10.2.2 COMBINACIONES DE CHAPA Y TELA.	1032
10.2.3 COMBINACIONES DE CHAPA Y PAPEL.	1034
10.2.3.1 Chapa reforzada con <i>Fleece</i> : Chapa de madera sobre papel soporte.	1034
10.2.3.2 Chapa y papel Kraft:	1034
10.2.3.3 Chapa y papel impregnado en resina fenólica.	1035
10.2.3.4 Chapa trenzada.	1035
10.3 OTROS PRODUCTOS OBTENIDOS DE RESIDUOS O MATERIALES DE DESECHO.	1035
10.3.1 COMPOSITES.	1035
10.3.1.1 Composites con plásticos reciclados.	1035
10.3.1.2 Composites con resinas termoendurecibles.	1037
10.3.2 BRIQUETAS DE MADERA.	1039
10.3.3 LANA DE MADERA O HEBRA DE MADERA.	1039
10.3.4 HARINAS DE MADERA.	1040
10.4 OTROS LISTONES. MADERA RECOMPUESTA.	1041
10.5 TABLERO CONTRACHAPADO CURVADO.	1042
10.5.1 EN FORMA DE POSTE.	1042
10.5.2 TABLERO ONDULADO. TABLERO CURVADO.	1043
10.5.2.1 Tablero contrachapado ondulado.	1043
10.5.2.2 Panel flexible.	1043
10.6 VIGAS DE CELOSÍA.	1044
10.6.1 VIGAS DE CELOSÍA EN MADERA MACIZA.	1044
10.6.2 UNIÓN MADERA-METAL EN LA FORMACIÓN DE VIGUETAS CON ALMA DE CELOSÍA METÁLICA.	1044
10.7 CELOSÍAS DE MADERA.	1045
<b>11 MANIPULACIÓN DE LA MADERA NATURAL Y SUS DERIVADOS EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES.</b>	<b>1047</b>
11.1 ESTEREOTOMÍA DE LA MADERA MACIZA, O MADERA SÓLIDA, EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES ARTÍSTICOS.	1047
11.1.1 GENERALIDADES.	1048

11.1.2	UNIONES FRECUENTES EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES ARTÍSTICOS DE MADERA.....	1050
11.1.2.1	Empalmes.....	1052
11.1.2.1.1	Empalme biselado.....	1052
11.1.2.1.2	Junta con espiga. Empalme en cuña.....	1053
11.1.2.1.3	“Finger joint.”.....	1054
11.1.2.1.4	Empalme en rayo de Júpiter.....	1056
11.1.2.1.5	Empalme en cola de milano.....	1056
11.1.2.1.6	Empalme en pico de flauta.....	1057
11.1.2.1.7	Empalme machihembrado.....	1057
11.1.2.1.8	Empalme tipo “Onsrud”.....	1057
11.1.2.2	Acoplamientos.....	1057
11.1.2.2.1	Formación de listones de mayor escuadría.....	1057
11.1.2.2.2	Formación de tableros.....	1058
11.1.2.3	Ensamblajes.....	1075
11.1.3	REFUERZOS USUALES EN DICHOS SOPORTES.....	1098
11.1.3.1.1	Los travesaños o barrotes. Peinazos de plano.....	1098
11.1.3.1.2	El bastidor como refuerzo de soportes rígidos.....	1107
11.1.3.1.3	Los marcos.....	1119
11.1.4	HERRAJES UTILIZADOS EN LA CONSOLIDACIÓN DE LOS PANELES Y BASTIDORES.....	1129
11.1.4.1	Herrajes tradicionales.....	1130
11.1.4.2	Herrajes contemporáneos.....	1131
11.1.5	CUADRO HISTÓRICO DE ALGUNOS ACOPLAMIENTOS, ENSAMBLAJES Y EMPALMES TRADICIONALES Y MÁS CONTEMPORÁNEOS.....	1135
11.2	ESTEREOTOMÍA DE DERIVADOS DE LA MADERA. PROPUESTA PERSONAL Y MEJORA DE LOS SOPORTES BASADOS EN MATERIALES TRADICIONALES Y NUEVOS MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS.....	1137
11.2.1	LISTONES Y FORMACIÓN DE BASTIDORES U OTROS REFUERZOS.....	1137
11.2.1.1	Listones compuestos.....	1137
11.2.1.2	Listones macizos.....	1144
11.2.1.2.1	Listones macizos formados a partir de contrachapados.....	1144
11.2.1.2.2	Listones macizos formados a partir de listoncillos de madera natural.....	1175
11.2.1.2.3	Listones macizos formados a partir de madera natural ranurada o listones estriados.....	1179
11.2.1.2.4	Listones macizos formados a partir de madera microlaminada y tablero a la veta.....	1183
11.2.1.3	Listones fabricados a partir de perfiles (listones perfilados o preelaborados) y molduras ya comercializados.....	1184
11.2.1.3.1	Perfil en “L” o perfil angular.....	1186
11.2.1.4	Listones taladrados.....	1188
11.2.1.4.1	Listones con taladros pasantes.....	1188
11.2.1.4.2	Listones con taladros ciegos.....	1192
11.2.1.4.3	Listones con alma taladrada.....	1195
11.2.1.5	Listones huecos.....	1203
11.2.1.5.1	Listones hueco-taladrados.....	1204
11.2.1.5.2	Listones tipo caja o cajón (listones simplemente huecos).....	1204
11.2.1.5.3	Listón con perfil en “doble T” con dos almas.....	1230

11.2.1.5.4 Listón-doble hueco de canto. Listones derivados de pies derechos compuestos. ....	1232
11.2.1.5.5 Listón-triple hueco de canto. ....	1233
11.2.1.5.6 Accesorios para ensamblajes de listones huecos. ....	1234
11.2.2 <i>TABLEROS</i> . ....	1239
11.2.2.1 Tableros compuestos. ....	1239
11.2.2.2 Tableros macizos. ....	1239
11.2.2.3 Tableros perforados o taladrados. ....	1244
11.2.3 <i>SOPORTES</i> . ....	1246
 <b>12 MADERAS EMPLEADAS EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES PÍCTORICOS, SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, SUS CORRESPONDIENTES PATRONES DE IDENTIFICACIÓN Y POTENCIALIDAD ESTÉTICA DE ESTOS</b> . ....	 <b>1265</b>
12.1 MADERAS EMPLEADAS TRADICIONALMENTE COMO SOPORTE PÍCTORICO. .....	1269
12.2 OTRAS MADERAS UTILIZADAS PARA CONFECCIONAR SOPORTES O PARA FABRICAR PROTOTIPOS. ....	1327
 <b>CONCLUSIONES</b> . ....	 <b>1341</b>
 <b>ANEXOS</b> . ....	 <b>1381</b>
ANEXO 1. ....	1383
ANEXO 2. ....	1384
ANEXO 3. ....	1390
 <b>DIRECTORIO</b> . ....	 <b>1395</b>
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	 <b>1465</b>









# INTRODUCCIÓN.

## Marco de investigación.

¿Porqué la madera?

La madera está considerada como el “oro verde” y ello se debe a infinidad de factores, algunos de los cuales vamos a estudiar. El hecho de utilizar la madera como material soporte en las BB. AA. puede parecer obsoleto, en parte por la leyenda negra que pesa sobre ella, en parte por la aparición de los nuevos materiales de tipo sintético, etc., que inundan el mercado.

Todos hemos visto antiguos, y no tan antiguos, soportes de madera bastante deteriorados, la mayoría carcomidos, con pérdidas de materia, con hongos, humedades, grietas de contracción, etc.

Evidentemente, la madera como material orgánico que es (producido por procesos biológicos), padece muchos de estos problemas, pero todos ellos son, en mayor o menor medida, perfectamente evitables o corregibles:

(...) Aseveraciones muy comunes como que la madera arde, se pudre o se mueve excesivamente, no son argumentos válidos que permitan su discriminación como material constructivo, ya que el estado de conocimiento actual, confirma no sólo lo exagerado, sino también que disponemos de tecnología suficiente para aminorar tales deficiencias, cuando no de prevenir o eliminarlas por completo.<sup>1</sup>

Por el hecho de ser de origen orgánico se pensó que no podía ser controlado por el hombre, como tantas otras cosas de la naturaleza.

Los malos resultados que podemos obtener a veces pueden deberse a elegir materiales poco adecuados: especies no apropiadas, por la especie misma, por su calidad, etc., a defectuosos sistemas de ensamblaje, a no proteger el material correctamente, a no tener en cuenta los movimientos de dilatación-contracción.

---

<sup>1</sup> Alejandro López de Roma, “La madera como elemento estructural en la construcción”, Ponencia de las III Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, en la revista *Acomat*, nº 52, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: Tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, mayo-junio, 1988, pág. 14.

La madera es un material apropiado para nuestros fines por razones, de tipo general, como las que siguen:

- La madera es un material del que podemos conocer su biografía con sólo estudiarla atentamente ya que el árbol es como un libro en el que podemos ir leyendo los acontecimientos acaecidos a lo largo de su vida. Dichos acontecimientos quedan grabados en sus fibras como si de una “caja negra” se tratara (De su estudio se encarga la Dendrocronología).
- Es un material que por su naturaleza resistente se ha hecho un hueco en casi todas las partes del mundo. Es casi omnipresente.
- La madera no posee ninguna cualidad de tipo absoluto, ya que cada especie tiene sus propias características que no tienen porqué coincidir con las de ninguna de las otras especies. Esta cualidad la hace sumamente interesante porque nos ofrece infinitas posibilidades de utilización.
- Gracias al desarrollo sostenible puede controlarse y renovarse su producción de manera natural, además de tener una larga vida después de su muerte (su transformación):

La madera es una materia prima de carácter renovable (...) Factor también a tener en cuenta es el ahorro energético que comporta su uso, y ello, tanto por ser nula la energía consumida en su producción, ya que la elabora el árbol.<sup>2</sup>

- Es el único material que mientras se está formando no sólo no contamina la atmósfera, sino que además genera oxígeno para todos:

Según cálculos realizados en Canadá un acre [4047 m<sup>2</sup>] de bosque sano puede producir una media de cuatro toneladas de oxígeno al año. Se considera que un acre de bosque puede albergar 400 árboles. Así, tenemos que un árbol produce una media de 10 Kg de oxígeno al año. Una persona no respira oxígeno al 100%, sino que tan solo necesita una proporción del 18%, así que un árbol realmente está produciendo al año la

---

<sup>2</sup> Alejandro López de Roma, “La madera como elemento estructural en la construcción”, Ponencia de las III Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, en la revista *Acomat*, nº 52, edita Acomat, Madrid, mayo-junio, 1988, pág. 14.

cantidad necesaria para satisfacer las necesidades de 10 personas (...)<sup>3</sup>

La industria que la transforma tampoco es especialmente contaminante ni mucho menos, porque además es una industria que consume pocos recursos y libera pocas emisiones contaminantes.

En los países escandinavos sus bosques capturan tanto CO<sub>2</sub> como CO<sub>2</sub> es lanzado por ellos mismos a la atmósfera por medio de su industria, parque autovilístico, etc.<sup>4</sup>

- Puede ser trabajado prácticamente en cualquier sitio sin necesidad de herramientas sofisticadas salvo, evidentemente, los productos de ingeniería que requieren tratamientos y maquinaria especiales.

- Es un material de altas prestaciones: esto es algo evidente, como queda reflejado en la infinidad de estructuras de madera existentes en la actualidad. Una de ellas bastante sencilla la tenemos en nuestro propio campus: la estructura de cubierta del Vicerrectorado de Alumnos (los antiguos comedores de la Universidad Complutense). Asimismo tiene cada vez más repercusión en el diseño de todo tipo de objetos ya que las técnicas de manipulación existentes permiten, por ejemplo, curvar los tableros en radios antes impensables, dotar a las piezas de todo tipo de recubrimientos, cortarlas con gran precisión, generar piezas de grandes dimensiones y grosores con todo tipo de formas, etc.

Otro hecho importante que nos decidió por este tema es el gran desconocimiento que existe (entre los practicantes del arte) sobre los procesos de fabricación y otros materiales con los que están elaborados productos derivados de la madera.

---

<sup>3</sup> [www.terra.es/ciencia/articulo/html/cie6144.htm](http://www.terra.es/ciencia/articulo/html/cie6144.htm), Daniel Ventura, “El oxígeno de los árboles”, 03/12/2001. Evidentemente no se especifica qué especie es la referida en el texto, porque debemos entenderlo en término generales.

<sup>4</sup> Puede consultarse “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994, pág. 37.

Dado que son materiales que han sido, y siguen siendo, muy utilizados como soportes rígidos para las BB. AA., de ahí nuestro interés en conocer su historia, composición, comportamiento, etc. de una manera, a veces un poco exhaustiva. De esta forma apreciaremos en lo que vale el enorme esfuerzo realizado a lo largo de tanto años y por tantos, en el perfeccionamiento de estos productos, como para llamarlos, en el caso, por ejemplo, de los tableros de partículas, simplemente “residuos de madera prensados con cola”.

Otro punto importante es que no existe preocupación alguna por el tipo de soporte sobre el que se trabaja (me refiero al campo de las BB. AA.) Éste se elige, sobre todo, en función de la economía personal de cada uno, facilidad de consecución, del peso, del formato, etc., pero nunca, o casi nunca, se elige en función de su estabilidad, durabilidad, posibilidades futuras de conservación, etc.

Este trabajo va dirigido a todo aquel que trabaje con soportes que contengan elementos de madera y no a aquellos amantes de la silvicultura, de la tecnología de la madera o especialistas de ese entorno, ya que se ha estimado que sea asequible, como digo, a personas relacionadas con las BB. AA. Existen temas en los que se podría haber profundizado más si fuera encaminada a esos sectores. Para nosotros bastan algunas referencias que nos ayuden a comprender ciertos procesos fisiológicos, resistentes, etc. Además de que no era nuestro interés tocar temas excesivamente técnicos y no relacionados directamente con nuestros objetivos, porque, evidentemente, existen personas más cualificadas para desarrollarlos más extensamente.

Creo que puede resultar interesante porque contiene gran cantidad de datos que pueden aclarar muchas dudas a todos aquellos que nos dedicamos de una manera u otra a las BB. AA. Puede, en fin, despejar incógnitas en cuanto a composición, propiedades, materiales de última generación, tratamientos, nomenclaturas diversas, datos históricos, etc. que nos puedan hacer más fácil comprender a un material tan polémico como este, en las BB. AA., ya que habitualmente utilizamos soportes de los que

desconocemos gran parte, si no todas, sus características, propiedades, usos, historia, etc.

Todo ello nos ha llevado a elaborar este trabajo que esperamos sea útil para aclarar, por lo menos, algunos conceptos importantes como son: la composición y fabricación de algunos materiales con finalidad primaria diferente de las BB. AA., que nos despejen, en el futuro, incógnitas en cuanto a su posible aplicación como soporte o parte de él, en las BB. AA.

No se pretende hacer un exhaustivo estudio sobre todos los materiales de madera o derivados de ella existentes en el mercado y con posible utilización en nuestro campo, ni de sus procesos de obtención.

Pensamos que queda una vía abierta para indagar en todas esas posibilidades que nosotros no desarrollamos en este trabajo. Posibilidades infinitas como casi infinitos son los productos que año tras año van desarrollándose de materiales derivados de la madera. Materiales que de ninguna manera tienen porqué atentar contra la naturaleza.

En muchos casos sí realizamos descripciones detalladas, o quizá sí un poco exhaustivas, de los materiales, propiedades y procesos pero es con el único fin de que podamos conocer la naturaleza, composición, etc. del material y, así, poder prever sus futuras reacciones o comportamientos en las distintas situaciones.

Tampoco intentaremos establecer un ranking de los productos mejores en la fabricación de soportes, sólo pretendemos mostrar las inmensas posibilidades técnicas y/o estéticas de estos materiales en su adaptación a las BB. AA.

Nuestras pretensiones en cuanto a utilización de materiales derivados de la madera para nuestro trabajo, se ven avaladas por las siguientes palabras Daniel Guinard:

La madera será cada vez más utilizada en forma de madera reconstituida o re-estructurada, al conseguir mejores

prestaciones que la permiten competir con otros materiales y en otros mercados.<sup>5</sup>

Es evidente que el futuro de este material va por ahí, y a todos los que nos interesa su inclusión en nuestras obras debemos estar un poco al tanto de las novedades que ofrece el mercado, procurando informarnos, sobre todo, de las novedades del mundo de la construcción en madera, que suele ser la actividad que más invierte e investiga en ella.

Una de esas “novedades”, por ejemplo, respecto del mundo de la madera: la laminación, es tónica general en la naturaleza: anillo de crecimiento en árboles, capas de cebolla, corales, concha de la jibia ...Con esa distribución del material en capas se adquiere, en algunas especies, gran resistencia, flexibilidad (árboles) y se aprovechan las distintas propiedades de los materiales con los que están fabricados.

### **Objetivos. Propósitos.**

Este trabajo también se ha realizado con el fin de tener un acercamiento mayor hacia los soportes rígidos que utilizamos actualmente (o llevamos utilizando) de una manera indiscriminada; organizándolos por su composición, propiedades, por los aglutinantes que incorporan (acuosos o no), etc.

Haremos un recorrido histórico por los materiales que los componen.

Es nuestra intención mostrar muchos de esos productos existentes en el mercado y que pueden ser de uso interesante en las BB. AA., tanto en el ámbito estético, como en el de resistencia. Por eso Incorporamos también un estudio de materiales derivados de la madera, dado el uso masivo que de ellos se hace a niveles artísticos. Y el gran desconocimiento que existe sobre sus procesos de fabricación y materiales con los que están elaborados. También se estudian la formas de obtención de los mismos

---

<sup>5</sup> Fernando Peraza, “La madera en el siglo XXI”, *Aitim*, nº 211, Aitim, Madrid, mayo-junio, 2001, Adaptación de Fernando Peraza del artículo de la CTBA Info nº 83 de Daniel Guinard, “Quel avenir pour la production et emploi du bois au XXIème siècle”, pág. 61.

Una vez obtenida la información técnica suficiente de cada material estaremos en disposición de fabricar listones de distintas secciones y distintas configuraciones: Macizos, huecos, emparedados, etc., con distintos materiales de madera o derivados de la misma. Con dichos listones fabricaremos bastidores y refuerzos con los que prolongaremos la “vida” de nuestro tablero soporte y con ello la vida de nuestra obra.

Por esa misma razón nos referimos también extensamente a los bastidores como elementos estructurales de vital importancia por la necesidad que tenemos de reforzar los paneles derivados de la madera de menor grosor o con más posibilidades de alabeo.

Como se comprobará más adelante, se hace especial hincapié, y por eso se hace tan detallado estudio, en tableros como los contrachapados, aglomerados y MDF por su amplia utilización (debida o indebida) como soporte en las BB. AA. y además porque forman parte del grupo de productos sobre los que se asienta el mundo tradicional del tablero derivado de la madera:

- Contrachapado (tablero universal por excelencia).
- De fibras.
- Aglomerado.
- De alma enlistonada.

Se tratan también algunos de los contrachapados aconsejados por las empresas, revistas y asociaciones más importantes del sector. Se hace tanto hincapié en estos tableros por ser los más usados, más fáciles de encontrar, más ligeros, de mayores dimensiones, más estables (algunos no), etc. que los tableros usados tradicionalmente.

Posteriormente se tratarán muchos de los demás tableros existentes en el mercado con el fin de conocer otras posibilidades.

Los recubrimientos suelen ser los mismos para todos los tableros más habituales (salvo, por ejemplo, algunos revestimientos fenólicos, gofrados o no) a parte de eso, se comentan una sola vez y se ubican en el capítulo que

habla del tablero en el que su uso es más habitual. De esta manera no caemos en una repetición innecesaria.

Intentaremos también recuperar y/o mejorar algunos de los sistemas de construcción de tablero bastidores etc.

Buscamos también la optimización de materiales tradicionales, así como recuperar detalles constructivos que han ido quedando relegados a un segundo término e incluso desapareciendo o quedando limitados al campo de la ebanistería.

También pretendemos combinar materiales y técnicas de ensamblaje más modernos, o novedosos, con técnicas y materiales más tradicionales con el fin de un aprovechamiento mayor de los materiales. De esta manera, también nosotros, podamos contribuir modestamente al desarrollo sostenido de nuestros bosques madereros.

Asimismo pretendemos utilizar materiales que no tienen demasiada fiabilidad estructural como soportes para fines artísticos, pero que en algún momento pueden ser interesantes a niveles estéticos, formando parte de la obra pictórica.

No se trataba, como ya hemos mencionado, de hacer un trabajo exhaustivo de recopilación o de compilación, se trataba de mostrar una serie de materiales (y procedimientos) de probada reputación en otros sectores y que pueden ser fácilmente aplicables a nuestros soportes pictóricos con total garantía.

Este estudio, pues, va encaminado a obtener la información necesaria para encarar el verdadero objetivo: la mejora de un soporte habitual de madera. Mejoras destinadas a su estabilidad, ligereza y economías monetaria y de medios, entre otras.

Conociendo un poco mejor los materiales con los que vamos a trabajar facilitamos la fabricación de soportes, refuerzos y/o bastidores con cualidades que nos permitan:



1. Grandes. Medianos y pequeños formatos.
2. Que esté fabricado mayoritariamente con madera o derivados de la misma.
3. Que sea estable, es decir, que no sufra, o que lo haga poco, deformaciones estructurales (alabeos, acanaladuras, combamientos, etc.)
4. Que sea ligero.
5. Que no resulte excesivamente caro.
6. Que no sea complicada su elaboración.
7. Que los materiales con los que esté fabricado se puedan conseguir sin problemas.
8. Que su higroscopicidad sea la menor posible, o que podamos reducirla o, al menos, controlarla.
9. Que sea estable contra las agresiones atmosféricas y biológicas o que podamos protegerlo eficazmente contra ellas.
10. Que sea fácil de trabajar, es decir, que no necesitemos herramientas o maquinaria demasiado sofisticadas para su manipulación.
11. Que sea compatible con nuestros materiales artísticos tradicionales: adhesivos o aglutinantes, pigmentos, cargas, etc.
12. Que sea compatible con nuestros materiales artísticos más novedosos: adhesivos o aglutinantes sintéticos, espumas sintéticas, fibras, etc.
13. Que proporcione otras posibilidades estéticas.

De estas cualidades podemos considerar algunas de ellas como periféricas o no fundamentales: estéticas, de peso, de formato, precio,

complicación en el montaje, etc. Entiéndase bien que con esto no queremos decir que el hecho de que sea caro, pese mucho o sea complicado de hacer no sea importante, lo que queremos decir es que si la obra necesita protegerse, eso no debe ser nunca un impedimento para realizar un buen soporte. Soy de la opinión de que si hemos de emplear mucho tiempo y esfuerzo en la elaboración de un soporte, para que este sea de total garantía, lo hagamos sin escatimar nada de ello o encarguemos a empresas especializadas en estos procesos que lo hagan. En la actualidad se diseñan sin ningún tipo de problemas máquinas y todo tipo de útiles para que el trabajo de la madera, por muy complicado que sea, pueda llevarse a cabo sin grandes costos. Existen máquinas, por ejemplo, a las que se les alimenta continuamente de listones por un extremo y, en pocos minutos aparece una silla por el otro extremo, con las patas torneadas, las piezas ensambladas, encolada y barnizada.

Otro punto importante a desarrollar es la creación de soportes de tipo simétrico ya que los soportes más habituales utilizados en BB. AA. suelen ser asimétricos: bastidor + tablero por una sola cara.

Es importante conocer otras posibilidades simétricas que nos ofrece la industria de la madera o, incluso, fabricarlos nosotros mismos: los tableros armados suelen tener su estructura simétrica, así como los alistados, los de alma enlistonada, los marcos de ranura, etc. Todos estos tipos de soportes nos ofrecen infinidad de posibilidades de tipo resistente, pero además también de tipo estético si nuestro trabajo se basa en pintura muy matérica o si trabajamos por medio de adición de materiales tridimensionales en nuestra obra.

Se trata, también, de saber con qué materiales trabajamos, cómo se comportan, como están contruidos y disipar dudas sobre la validez o no de los materiales y lo que podemos hacer con ellos. No se trata de obtener resultados asombrosos y ni de descubrir un soporte completamente inerte, sino de hacer más llevadera la problemática de la construcción de un soporte de madera, generando elementos modulares que faciliten su construcción y no acarreen excesivos problemas estructurales, de peso, etc.,

dado que la mayoría de esos problemas los tenemos ya en la mayoría de los soportes comerciales; en muchos de estos el alabeo es patente nada más salir de fábrica.

Se procurará, en la medida de lo posible, utilizar materiales que impliquen la homogeneidad del soporte, los refuerzos o ambos. Se procurará, asimismo, que no exista una mezcla heterogénea de estos materiales, que pueda acarrear la suma de problemas de cada uno, aunque por otro lado se generasen ventajas en su utilización conjunta. No olvidemos una de las máximas a tener en cuenta a la hora de tratar con materiales relacionados con las BB. AA.: que la composición de dichos materiales [soportes, aglutinantes, mediums, pinturas, etc.] sea lo más sencilla tanto en su composición como en el número de ellos. Se tratará de utilizar materiales homogéneos en lo posible. Que no exista una mezcla compleja de materiales, que pueda acarrear la suma de problemas que conlleve cada uno, aunque se generen ventajas de su utilización conjunta.

Estos soportes, o mejor aún, el alma de algunos de estos soportes nos pueden ofrecer, además, soluciones estéticas, de tipo modular o repetitivo (en el caso de almas en celosía, etc.)

No se perderá de vista la belleza de algunos materiales como los OSB y su aportación estética a la vez que estructural.

Se emplearan, en algún momento, modelos derivados de materiales usados en aeronáutica y sobre todo de la construcción, pues, en parte de esos materiales basaremos algunas de las mejoras a producir en nuestro soporte.

## **Generalidades.**

Los árboles (y su madera, por tanto) nos han acompañado siempre a lo largo de nuestra historia. La mayoría de ellos viven más que el hombre y son los seres de forma superior de vida más longevos de todos los que habitan sobre nuestro planeta.

Nos abastecen de infinidad de productos desde que el hombre apareció sobre la Tierra. De hecho pueden obtenerse más de 3000 productos procedentes de las zonas arboladas. Además con el paso del tiempo se van descubriendo nuevas posibilidades de utilización, se obtienen nuevos productos y cada día la tecnología que interviene en todos esos procesos va avanzando rápidamente y facilitando la extracción y posterior manipulación de los mismos con un importante ahorro de medios.

Para darnos cuenta de la magnitud de las posibilidades ante las que nos encontramos, adjuntamos unas cifras que nos mostrarán el alcance de lo comentado:

El reino vegetal está formado por casi cuatrocientas mil especies que se encuentran distribuidas en varios grupos taxonómicos:

Talofitas:	102.150 especies (27,45%).
Cormofitas:	270.000 especies (72,55%).
<hr/>	
Total:	372.150 especies (100%)

En todo momento se trata de cifras aproximadas ya que día a día aparecen nuevas especies tanto animales como vegetales y desaparecen también otras muchas.

De todas estas especies vegetales existen unas 16.000 especies (4,3%) diferentes de madera en todo el mundo.

De ellas, 2000 especies (0,54%) tienen aprovechamiento comercial:

- De ellas, 1.500 especies (0,40%) corresponden a frondosas.
- De ellas, 500 especies (0,14%) son coníferas. Dentro de éstas, por ejemplo, solamente el género *Pinus* comprende 80 especies, de las que tenemos 7 en España.

En 2000 especies diferentes hay terreno abonado para la obtención de todo tipo de materiales que nos puedan ser útiles, eso sin contar con otras especies no maderables que también se utilizan en la fabricación de tableros en todo el mundo y que, quizá, sean más desconocidas.

Es evidente que es difícil, sin ser un experto en la materia, decidir dentro de ese enorme abanico de posibilidades, qué especies son las más adecuadas para determinados fines conjugando a la vez todas las variables posibles: Seguridad, accesibilidad, economía, transporte, etc., dado que especies especialmente idóneas para nuestros fines, se escapan por lo inaccesible de su consecución, a niveles económicos, o también cuando se trata de especies protegidas. Muchas de esas especies no están estudiadas lo suficiente para conocer sus prestaciones, pero las más habituales de los circuitos madereros están estudiadas perfectamente y se conocen con precisión sus características y propiedades resistentes. Por tanto si necesitamos datos fiables de las especies más habituales en nuestros país podemos consultar las normas UNE que hay al respecto, las guías sobre especies de maderas existentes (como la editada por AITIM, por ejemplo), acudir a la Escuela Superior de Ingenieros de Montes de Madrid o a sus publicaciones, también podemos informarnos en AEIM (Asociación Española de importadores de madera), etc. Esto a niveles nacionales, porque a niveles internacionales tenemos el Madison Forest Products Laboratory, en los EE.UU., Forintek en Canadá, etc. A partir de los datos obtenidos podemos decidir lo que más nos puede interesar.

Observando atentamente la taxonomía vegetal<sup>6</sup> podemos descubrir muchas curiosidades, de tipo biológico, resistente, etc. que, a veces, van a definir el tipo de material con el que vamos a trabajar, por su longevidad y



*Sequoia Sempervirens.*  
Real Jardín Botánico de Madrid.

<sup>6</sup> Puede consultarse el capítulo referido al leño.

durabilidad, por su tamaño (grosor, longitud), por su dureza, por la gran variedad de especies, etc.

- De las 372.150 especies vegetales existentes (aproximadamente), unas 155.000 (41,6%) están en los bosques de la selva tropical. En dos hectáreas de esos bosques pueden encontrarse unas 100 especies diferentes de árboles. Esto es suficiente para hacernos una idea del potencial existente.
- En las coniferales, dentro de la familia de las Taxodiáceas, se encuentra el ser vivo de mayor tamaño que existe: La *Sequoia sempervirens*<sup>7</sup>. Dentro de este grupo se encuentra una sequoia gigante (*Sequoiadendron giganteum*) muy famosa llamada el *Wawona* o “Big Tree” o árbol gigante, en el Parque denominado Arboleda de la Mariposa, en Sierra Nevada (California). En su tronco se ha hecho un túnel por el que pueden pasar coches y personas.

Hay una sequoia dedicada al General Sherman, que mide casi 80 metros de altura y 24 metros de circunferencia. Algunas de ellas tienen más de 4.000 años (muchas de ellas más de 2.000) y se utilizan para estudios dendrocronológicos. También en California un ejemplar de *Pinus aristata* alcanzó la edad de 4.900 años. Son las especies más longevas. Junto a ellas hay cerca de 1.000 ejemplares de una considerable altura.

- Los ejemplares vivientes de mayor altura se encuentran en Australia: son los *Eucalyptus regnans*. Pueden llegar a casi 160 metros de altura y a 19 metros de circunferencia en su base. El árbol más alto es posiblemente el llamado “árbol de la fiebre” o eucaliptus gigante, que mide 153 m.
- Existen más de 500 especies de eucaliptus y su altura varía desde los 91,5 m [el “Giant Mountain Ash” (*Eucalyptus regnans*) de las Montañas

---

<sup>7</sup> El nombre científico proviene de dos términos: el primero de un jefe indio Cherokee llamado “Sequoyah”, que gobernaba la zona a finales del siglo XVIII, y el segundo, “sempervirens”; del latín y significa “por siempre verde” (Lipo Musto, “The magic of red”, *Tempus*, nº 1, Stora Enso Oyj, Helsinki, 2003, págs.16-27.)

de Victoria (en Australia) y de Tasmania mide 99,5 m] hasta los eucaliptus enanos (llamados “mallees”) que almacenan savia en sus raíces para los tiempos de sequía.

- Uno de estos eucaliptus australianos, el “jarrah” (*Eucalyptus marginata*), es un árbol al que se le puede considerar ignífugo, por eso se utilizaba para fabricar chimeneas, aunque, como también resiste al agua y a los xilófagos, fue utilizado en tiempos de la colonización británica para construir los pilares de los muelles y como adoquines en las calles del Reino Unido.
- Otras especies, también de eucaliptus, se encuadran dentro de las maderas más duras que existen como los “Boxes” e “Ironbanks”, pero otras especies como el “karri” (*eucalyptus diversicolor*) y el “Tuart” (*Eucalyptus gonphocephala*) sustituían con éxito al acero de los carriles.
- En Nueva Zelanda existen también unos Kauris gigantescos y muy longevos (3.000 años). Uno de ellos está ahuecado y se puede visitar por dentro. De estos kauris se obtiene el copal fosilizado (hay quien lo denomina ámbar) tan utilizado antiguamente para fabricar barnices. En la actualidad siguen existiendo los “buscadores de kauris”.
- Otras especies muy longevas son los tejos (*Taxus baccata*) y los cipreses (*cupresus sempervirens*), que pueden llegar hasta los 3.000 años. El antiguo roble de Guernica (*Quercus robur L.*) llegó a vivir 1.000 años (desapareció a fines del siglo XIX).
- Los gigantescos baobab (*Adansonia digitalia*) de Senegal tienen un diámetro enorme de tronco, es un árbol sagrado del que también se utiliza su savia como aglutinante de las famosísimas pinturas de arena de Dakar, en las que suelen utilizarse hasta veinte tipos diferentes de arenas de Senegal y países limítrofes. Este árbol, junto con el Drago de las Canarias (*Dracaena draco*) pueden pasar de los 3.000 años sin problemas. Se han encontrado algunos baobab en Senegal con un diámetro de 8,75 metros. Su tronco esponjoso puede

ahuecarse con facilidad para poder llenarse de agua, como si fuera un depósito, en la estación de las lluvias.

- Algunos ancianos africanos creen que la mosca Tsé-Tsé nace de un árbol que tiene un tronco con un diámetro gigantesco: el iroko.
- Parece ser que el árbol más viejo del mundo tiene alrededor de 100.000 años y se encontró con fósiles de la Era Terciaria, en el “Rancho La Baca”, en California.
- Asimismo existen algunas especies en África con madera muy tóxica, que deben trabajarse con mascarilla, siendo utilizadas exclusivamente en traviesas de ferrocarril.
- En Santa M<sup>a</sup> de Tule ,en Oaxaca, México, hay un ciprés muy viejo que tiene unos 73 m de circunferencia (unos 6,28 m. de Ø). El famoso naturalista De Candolle le atribuía la edad de 6.000 años.
- El frío clima de los países nórdicos frena el crecimiento de los árboles. Sus anillos son estrechos y apretados, lo que confiere gran homogeneidad a su madera, generando así unas excelentes características mecánicas, siendo por eso tan apreciada su madera.
- El importantísimo Madison Forest Products Laboratory, en los EE.UU. posee la xiloteca o colección de especies de madera más grande del mundo. La segunda colección más importante es H. E. Dadswell Memorial Wood Collection de la División of Forest Products de Melbourne (Australia), que posee cerca de 47.000 bloques de madera de 100 x 100 x 10 mm. Aquí en España es importante la xiloteca de la Escuela Superior de Ingenieros de Montes de Madrid, perteneciente a la Universidad Politécnica, y la xiloteca de Don Manuel Soler en Denia (Alicante). El Museo de América de Madrid también posee una xiloteca, en su laboratorio, con muestras muy interesantes para estudiar.

Es importante contar con una pequeña colección de maderas si deseamos identificar una muestra de uno de nuestros soportes:



Las características anatómicas usadas para clasificar las maderas están estandarizadas intencionalmente y pueden encontrarse en cualquier libro de anatomía de maderas. Cuando hay un número muy grande de especies posibles a determinar, el trabajo se hace dificultoso, pero cuando estamos en presencia de un grupo reducido de especies, como en el caso de las **maderas usadas para la confección de tablas como soporte de pinturas**, pues este número se reduce y a partir de las características individuales de cada especie y su comparación, pueden ser determinadas sin mucha dificultad.<sup>8</sup>

- De madera aromática de alerce (el denominado pino melis) está realizado el Retablo Mayor de la Catedral de Toledo. De él también, como conífera que es, se obtiene la trementina de Venecia tan usada en los mediums, barnices, etc.
- La durabilidad de la madera queda claramente reflejada en todo tipo de templos dispersos por el mundo, desde Japón:

(...) Los templos de Nara, contruidos prácticamente en su totalidad en madera de cedro imputrescible, lo que permite que edificios antiquísimos, algunos con más de 10 siglos, parezca que hubieran sido estrenados anteayer.<sup>9</sup>

hasta Europa: Quedan únicamente 29 iglesias noruegas de madera de pino silvestre (*Pinus silvestris* L.)<sup>10</sup>, todas ellas del siglo XI. El sistema usado en la desecación de la madera ha permitido ese buen estado de conservación: Consistía en cortar las copas<sup>11</sup> de los árboles, dejando únicamente el tronco, que quedaba enraizado durante 5 a 8 años. Después se talaba y cortaba a medida, eliminando la albura y utilizando el duramen. Estos sistemas no pueden llevarse a cabo en la actualidad por razones obvias, pero pueden darnos una idea de las posibilidades de durabilidad de la madera si se la trata adecuadamente.

---

<sup>8</sup> Del Curso sobre “Identificación de la madera por anatomía comparada”, impartido por la doctora D<sup>a</sup> Raquel Carreras Rivery, en los seminarios y laboratorios del Museo de América de Madrid, en noviembre de 2002.

<sup>9</sup>, Adrián Piera, “Kodama o el espíritu del árbol”, *Acomat*, Año XII, n° 66, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, septiembre-octubre, 1990, pág. 11.

<sup>10</sup> “Los altos pinos son los largos plumeros de techos que sirven para limpiar el cielo.” *Greguerías Forestales*. Ramón Gómez de la Serna.

<sup>11</sup> En el árbol de umbela perfecta eleva su copa la Naturaleza en brindis solemne, ((Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 70).

- Antaño podían obtenerse piezas de madera gigantescas, como lo atestiguan ciertas obras de la antigüedad que han aguantado perfectamente el paso del tiempo:

(...) En el templo de Todai-ji existen varias hojas de puerta de unos cuatro metros de altura, dos de ancho y no menos de 12 centímetros de grosor de una sola pieza y sin el menor síntoma de pudrición o agrietamiento... O pilares de cedro de 15 metros de altura y setenta centímetros de diámetro absolutamente cilíndricos, para lo cual, según me dicen, fueron ahormados durante los años de su crecimiento.<sup>12</sup>

Piezas de ese tamaño sólo podían obtenerse de especies gigantescas de bosque primario, hoy prácticamente imposibles de conseguir de madera natural, pero no así de madera de ingeniería, que puede conseguirnos piezas de los tamaños que queramos con el sólo límite del transporte.

- Otro punto importante es el aprovechamiento (por el ahorro de energía y la reducción contaminante que supone) tan importante que se hace de este material (cerca de un 95%), incluso de los desperdicios habituales (5%) de un aserradero después de extraer de la troza todo lo aprovechable: La corteza suele emplearse en el propio aserradero como alimento de sus calderas generadoras de energía, como material experimental en la fabricación de tableros derivados de la madera y en jardinería, como acondicionador del suelo. El serrín se puede incorporar en la fabricación de tableros aglomerados, pero, sobre todo, en la industria del papel. Las astillas en la fabricación de papel. Antaño, cuando no había problemas energéticos los desperdicios se destruían de manera natural por la descomposición biológica.
- Incluso, ahora que las cosas en la Bolsa no van bien, se fomenta y pone de moda la inversión en bosques, aunque esto ya se estaba haciendo mucho tiempo atrás en otros países más concienciados con el desarrollo sostenible. Ya en 1996 Ecco-Wood proponía comprar nogales negros (*Juglans nigra*) como garantía de ahorro en planes de

---

<sup>12</sup> Adrián Piera, op. cit, pág. 11.

inversión forestal para la jubilación. Aquí además de negocio, se contribuye a luchar contra la deforestación.

Resumiendo: vamos a trabajar con un material que posee algunas de las siguientes características:

- Se desarrolla por sí mismo en una factoría (el bosque) que sólo consume energía solar, siendo ella misma también fuente de energía.
- No contamina y libera oxígeno.
- Es reutilizable, reciclable y biodegradable.<sup>13</sup>
- Inagotable (desarrollo sostenible).
- Conocemos su historia desde que nace.
- Presente en todas partes y conocido por todos.
- Miles de especies con características relativas.
- Se trabaja sin dificultad, permitiendo todo tipo de manipulación. Permite ser trabajada in situ.
- De altas prestaciones. Tiene un excelente comportamiento estructural.
- Puede utilizarse según se produce o por medio de procesos reconstitutivos generar materiales de mejores prestaciones y valor añadido. De árboles de pequeño diámetro pueden conseguirse piezas de gigantescas escuadrías:

Por ejemplo, un elemento de madera reconstituida puede llegar a consumir nada más que la mitad de volumen de fibras de madera de la que sería necesaria en una viga de madera maciza, además de garantizar un nivel de resultados superior.<sup>14</sup>

- 2.000 especies aprovechables.
- Longitud máxima de materia prima: 150 m.

---

<sup>13</sup> Hay muchos materiales no renovables que producirán cantidad de residuos que, en principio, serán difíciles de reciclar. Esto quiere decir que hay muchos materiales que puedan tener algunas propiedades más interesantes que la madera, pero también hemos de pensar en el futuro y en qué vamos a hacer con los residuos por ellos producidos. Quizá la propia composición de esos mismos materiales les lleve a su propia descomposición, ya que no se conocen todos los comportamientos de todos los materiales, ni tampoco se conoce del todo los efectos que en ellos pueden producir algunas de las emisiones que actualmente lanzamos a la atmósfera.

<sup>14</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993, pág. 117.

- Longitud máxima de materia prima reestructurada: puede ser infinita.  
El límite lo ponen el transporte, las prensas, etc.
- Achura máxima materia prima: comunes las secuoyas con casi 8 m de Ø. Baobab con 8,75 m de Ø.
- Longevidad máxima:<sup>15</sup>
  - Del material vivo: más de 4.000 años.
  - Del material muerto o procesado: De cientos a miles de años, según especies y tratamientos.
- Puede ser ignífugo<sup>16</sup>, puede ser hidrófugo, resistente a los xilófagos.
- Dureza similar a la del acero.
- Blando como la mantequilla.
- Pesado como la piedra y ligero como la pluma.
- Crece según el ambiente que le rodea.
- Todo en él es aprovechable.
- Puede proporcionarnos una cómoda y segura vejez invirtiendo en él.

Este es tan solo un pequeño ejemplo de lo que puede ofrecer este material.

¿Realmente estamos hablando de madera? A la vista de lo anterior podríamos estar hablando de algún novedoso material sintético, cuya obtención costó una ardua investigación. Evidentemente si hablamos de la madera natural esto no es así, pero si lo hacemos de sus derivados estamos ante alguno materiales de última generación y de los que se nutrirá en un próximo futuro nuestra sociedad:

(...) Los materiales hechos con recursos renovables tendrán que soportar un mayor peso y serán la base de las aspiraciones tecnológicas de las generaciones futuras. Tratándose de materiales de construcción, el único recurso de este tipo es la madera.<sup>17</sup>

De sus características más importantes hablaremos en los próximos capítulos, porque son muchas más, evidentemente, de las aquí reseñadas.

---

<sup>15</sup> “El árbol tiene venas y circulación pero no tiene corazón, ¡por eso vive tanto!”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 117).

<sup>16</sup> “La pipa no se quema: luego si la humanidad hiciese las casas con madera de cachimba, sobrarían los bomberos” (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 187).

<sup>17</sup> G. G. Marra, “La edad de la ingeniería maderera”, *Montes*, año XXXII, nº 186, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1976, pág. 311.

## Desarrollo sostenible y Silvicultura.

“(…) Ciro el antiguo, plantó muchos árboles con su propia mano. Ciro el joven se vanagloriaba con Lisandro de haber delineado y labrado por sí mismo sus jardines. Los grandes rodeaban sus palacios de paraísos en los que prosperaban los limoneros, las vides, los acerolos, los altos chopos, y donde el sauce doblaba sus llorosas ramas sobre un hermoso conjunto de anémonas, de ranúnculos, de jazmines y de crisantemos. A los persas les debemos la higuera y el almendro, el albróchigo y el granado, el melón y el moral.”

*Herodoto, I, 102.*

Algo realmente importante que ya hemos apuntado es que estamos tratando con una materia que puede estar presente siempre en la Tierra por ser el único material que el hombre puede renovar. Esto puede conseguirse gracias a la preocupación de algunas personas, asociaciones, países, etc. por el medio ambiente y por los recursos forestales, que acabó reflejándose en una serie de actuaciones conjuntas para salvaguardar el medio ambiente hoy y para el futuro. Esto acabó llamándose Desarrollo sostenible o sostenido, que dicen otros, y cuya meta era la siguiente:

(…) Los bosques y los recursos forestales deben ser administrados de modo sostenible para satisfacer las necesidades sociales, económicas, ecológicas y espirituales de las generaciones actuales y futuras. Esa necesidad del bosque y de los productos y servicios forestales, como la madera y sus derivados, el agua, los alimentos, pienso para el ganado, medicinas, combustibles, abrigo, empleo, recreo, ecosistemas para la vida salvaje, diversidad del paisaje, depósito de carbono (...) <sup>18</sup>

Pero aún así debemos ser cuidadosos con lo que pretendemos obtener de nuestros bosques y hacer un estudio pormenorizado del impacto ambiental que puede sufrir a largo plazo. <sup>19</sup>

Canadá fue uno de los países pioneros que se acogió a la idea de desarrollo sostenido ya en 1987.

Dentro de las actividades conducentes a la preservación del bosque y sus recursos se barajan constantemente dos términos muy importantes: la Silvicultura y la Dasonomía. El primero de ellos trata de la explotación del bosque para que sus recursos nos abastezcan permanentemente y no se

---

<sup>18</sup> Conferencia Internacional de Naciones Unidas de Río de Janeiro de 1992.

<sup>19</sup> Para más información vid. “Huyendo de la quema” (editorial), *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 212, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2001, pág. 6.

abuse de él como lleva sucediendo siglos atrás. El segundo nos muestra cómo debemos aprovechar estos recursos y no talar más de lo que el bosque crece:

El verdadero nombre técnico de silvicultura es “Dasonomía”. Los silvicultores dan a este procedimiento de explotación el nombre de “rendimiento sostenido”. El principio de conservación se aplica no sólo a los árboles sino a la fauna en estado salvaje, el agua, los pastos y cuantos recursos se relacionan con el bosque.<sup>20</sup>

Este principio rige, desde hace más de cien años, en la industria maderera de Finlandia, por ejemplo, y así lo hacen ellos.

Lo que suele hacerse, entre otras cosas es:

- Cortar en primer lugar los ejemplares que han llegado a su madurez y así evitar su degeneración.<sup>21</sup>
- Repoblar: (los canadienses introdujeron ya en 1950 sus programas de repoblación):
  - Las zonas taladas suelen repoblarse dos años después, ya que ese es el tiempo aproximado que hace falta para que los seres vivos de esas zonas se adapten a esos cambios.
  - Dejando en pie ejemplares escogidos para que ellos realicen la repoblación.
  - Plantación directa de semillas: En Finlandia parece ser que se plantan del orden de 250-300 millones de semillas cada año (unas 4 semillas por cada árbol talado). En EE.UU. se plantan cada día 6 millones de árboles. En el oeste de Canadá se plantan 3 árboles por cada uno talado.

---

<sup>20</sup> José M<sup>a</sup> de la Poza Lleida, *La madera y su secado artificial*, Editorial Oikos-tau, S.A., 1ª edición en lengua castellana, Barcelona, 1991, pág. 73.

<sup>21</sup> La madurez es diferente según las especies. En el caso de las coníferas finlandesas, el período oscila entre 60 y 120 años.

<b>(1.990)<sup>22</sup></b>	<b>nº habitantes</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Superficie forestal</b>	<b>Superficie forestal por hab. ha</b>
<b>Finlandia</b>	5.000.000	30.500.000	20.100.000	4,02
<b>España</b>	39.000.000	49.900.000	8.400.000	0,22
<b>UE</b>	339.600.000	228.600.000	47.600.000	0,140
<b>Europa</b>	564.900.000	550.400.000	149.300.000	0,264

---

<sup>22</sup> Cifras obtenidas de “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994 págs. 25 y 31. Estas cifras están referidas al año 1992.





# **METODOLOGÍA.**

## **Organización.**

Dado que nuestras modestas pretensiones son, sobre todo, de tipo pedagógico, como tal, se ha intentado estructurar el presente trabajo de la siguiente manera:

1. A niveles formales: creemos que con una buena organización visual se puede potenciar el efecto pedagógico que se pretende: utilizando un sistema con muchos capítulos, subcapítulos, apartados, etc., que, consideramos, aclara y desmenuza gran parte de la confusa terminología utilizada en la actualidad para denominar los diferentes productos, procesos, etc.

Formalmente cada capítulo se estructura de la siguiente manera:

- En mayúsculas y negrita, título del capítulo y/o la denominación más usual, si se trata de un producto concreto.
  - A continuación y en color gris, otras denominaciones usadas en diferentes sectores, países, etc. o que se revisten de cierta curiosidad.
  - Se continúa, en algunos casos, con las normas UNE, que pueden consultarse al respecto, con una definición del material a estudiar, características, usos, posibles aplicaciones en las BB. AA., págs. Web, etc.
2. A niveles de contenido: Repasando, en primer lugar, el repertorio histórico de productos y, en segundo, el mismo repertorio internacional pero en el momento actual. También se resumen, sus propiedades más importantes, viendo más allá de sus evidentes utilidades. Se hace también un repaso de las ferias más importantes, de las fechas importantes a recordar relacionadas con la madera y su entorno técnico y artístico, de los directorios comerciales tan importantes para obtener interesantes productos. Uso de anexos informativos que completan la documentación utilizada y pormenorizan y detallan puntos que pudieran quedar oscuros, etc.

3. A niveles prácticos: Haciendo que sea un trabajo eminentemente útil, ya que se ha intentado ver una proyección futura en todo lo que se iba haciendo y que, además, resultase provechoso para el artista en su trabajo.

## **Fuentes de información y documentación.**

El material elegido para este trabajo es tan complejo como las fuentes de las que obtener información. Esto sucede porque se trata de un material tan antiguo como el hombre y por eso la información generada sobre él es tan sumamente extensa. No ocurre lo mismo con algunos de sus derivados, sobre todo con los de más reciente incorporación o con los que no se tiene demasiado trato en nuestro país, de los que apenas se tiene información.

Los mejores suministradores de información, sobre todo de nuevos materiales, son los centros de investigación y las empresas que se dedican a productos y procesos relacionados con la construcción, pues son los que generan el impulso a estos materiales por ser de uso común en esas áreas.

Frecuentemente se hace referencia a AITIM [Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho], y a sus publicaciones, por ser una de las asociaciones más serias, responsables y bien documentadas que existen y además de las pocas que tienen información en nuestro país, de productos de otros países que actualmente o no se comercializan o no se fabrican aquí.

Dado que se van han manejado muchas normas UNE, habrá que tener en cuenta que éstas son susceptibles de modificación continua y adaptación a las normas europeas e internacionales. Por lo tanto, a la terminación de este trabajo, y en adelante, habrá que consultar las posibles actualizaciones que dichas normas pudieran haber sufrido. Bastará con buscar esas actualizaciones en los correspondientes comités de AENOR o consultar el índice de normas nuevas.

Las normas UNE están actualizadas hasta septiembre de 1999, y se han consultado por medio de Suscrinorma, un conjunto de CD Rom que

facilita enormemente la labor de búsqueda dentro de la normativa española se refiere. Se han consultado las normas referentes a la “Madera y Corcho” y las correspondientes a “Adhesivos”.

Hay que advertir de que no se dispone de normas UNE para todos y cada uno de los tableros y productos existentes en el mercado. Muchas normas pertenecen a otros países ya que ha sido en ellos donde se desarrolló la tecnología que llevó al descubrimiento de muchos de esos productos: se han usado algunas otras normas como las DIN (Alemania), las SFS (Finlandia), las EN (europeas), etc. en función del producto y del país de origen.

Se ha utilizado información de las asociaciones más importantes como la AHEC [American Hardwood Export Council], que es la principal asociación del comercio internacional para la industria de madera de frondosas de los EE.UU. y representa a los más importantes exportadores así como a todas las principales asociaciones estadounidenses de productores de madera de frondosas. También de La APA – The Engineered Wood Association, es una asociación, sin fin de lucro, que representa a la mayoría de los productos de madera contrachapada para la construcción o para uso industrial de los EE.UU.

Se ha utilizado, en fin, información de 1ª mano de las más importantes industrias del sector, de varios países como EE.UU., Canadá, Finlandia, etc.

La información de ciertas firmas está actualizada hasta el año 2000.

Otros muchos productos y firmas comerciales están actualizados hasta diciembre de 2001 y algunos también hasta 2002.

Para completar y/o actualizar la información hacemos continuamente referencia a esas fuentes primarias que pueden consultarse, ya sean bibliográficas o no. Asimismo se ofrece una serie de directorios en los que puede encontrarse toda la información deseada, ya que muchos de ellos se han utilizado para realizar este trabajo (usando sus hojas técnicas de información, sus catálogos, etc.)

La información se ha recibido de muchas maneras: a través de conversaciones telefónicas con responsables de estas empresas y/o productos, por medio de Faxes, e-mail, correo ordinario, etc. En los agradecimientos y en el directorio se hace referencia a muchas de estas vías de información.

Se ha obtenido bibliografía actualizada de la Información técnica de las empresas o centros de investigación.

En los últimos años se han realizado muchas fusiones entre empresas y se han creado otras muchas que han complicado el panorama internacional por eso estar al día en los nuevos nombres de las distintas empresas es una tarea difícil, pues es un sector en continuo movimiento: Las empresas se absorben unas a otras constantemente creando macroempresas o gigantes que agrupan todos los procesos de transformación.<sup>23</sup>

Se ha trabajado en las siguientes bibliotecas: Biblioteca de la Facultad de BB. AA. de la UCM, Biblioteca de la Escuela Superior de Ingenieros de Montes de la UPM, Biblioteca de la Escuela de Ingenieros Técnicos Forestales de la UPM, Biblioteca del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Biblioteca de la Escuela de Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la UPM, Biblioteca de la Escuela Superior de Arquitectura de la UPM, Biblioteca del Centro de Arte Reina Sofía, Biblioteca de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). También se ha trabajado en dos bibliotecas populares: Biblioteca Central y Biblioteca José Acuña. Asimismo en una de las más de 40 salas que tiene Caja Madrid: Biblioteca Antón Ramírez.

---

<sup>23</sup> The Valmet Corporation, es uno de esos gigantes que nace en el verano de 1999 por la fusión de Valmet Corporation y Sunds Defibrator. Valmet es una parte de Metso Corporation, que se creó por la fusión de Valmet y Rauma Corporations en julio de 1999. Con esta fusión el grupo obtiene los sistemas y la tecnología de tableros de Sunds Defibrator, de ABB Fläkt Fiber Dryers, de Kvärner Panel Systems y de Küsters Press División. Esta combinación, junto con la fuerza de Metso Corporation hicieron de Valmet Panelboard uno de los más completos suministradores de sistemas de tableros. Stora Enso nació en 1998 al fusionarse las empresas Stora y Enso. Es uno de los grupos forestales más importantes a nivel mundial (madera aserrada, papel y pasta). En relación con la capacidad de producción de la madera aserrada es el tercer grupo a escala mundial después de los americanos Weyerhaeuser + McMillan Bloedel e International Paper + Champion. A escala europea es el primer grupo.

Las fotografías sobre especies vegetales se han tomado en los siguientes lugares:

- Real Jardín Botánico de Madrid.
- Arboreto de la Escuela Superior de Ingenieros de Montes de la UPM.
- Parque del Retiro de Madrid.
- Parque del Oeste de Madrid.
- Casa de Campo de Madrid.
- Parque Zoológico de Madrid.
- Casita del Príncipe (El Escorial).
- Enebral de Ornuéz (Segovia).
- Campus de la Universidad Complutense:
  - Jardín Botánico Carlos III.
  - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.
  - Avda. Complutense, Avda. Juan de Herrera.
  - Avda de la Moncloa.

En primera instancia se efectuó un mailing de cientos de cartas a las industrias del sector más importantes solicitándoles información de sus procesos, productos, maquinaria, etc., estamos hablando de más de 400 fabricantes, distribuidores, aserradores, etc. de 10 países de 3 continentes tales como: España, EE.UU., Finlandia, Canadá, Francia, Gran Bretaña, Japón, Alemania, India, China, Africa, Rusia, ...etc.

Se mantuvieron conversaciones telefónicas con miembros de importantes empresas del sector, charlas y entrevistas personales. Comunicaciones por fax, e-mail, teléfono, correo ordinario, etc.



Sierra tronadora MAGH s.p.a. T300.

La información se ha recibido con formatos diferentes:

1) En papel impreso:

- Formato texto.
- Hoja técnica.
- Catálogos.

2) En formato digital:

- En diskette.
- En CD Rom.
- E-mail.

3) En forma de muestrario con diferentes tipologías.

Se incluyen directorios importantes donde conseguir información, productos y otras direcciones importantes derivadas de ciertas asociaciones importantes del sector.

Se han rastreado también algunas de las más importantes revistas del ramo desde su primer número, por el interés histórico que guardan, ya que aparecen por primera vez productos derivados de la madera que más tarde se hicieron tremendamente populares: *Aitim*: Desde 1993 hasta el año 2002, *Montes*: desde 1945 hasta 2002, *Tempus*: hasta enero de 2003, *PUU*: hasta 2002, *Acomat*: desde 1986 hasta 1990 (última fecha de publicación), *On wood*, etc.

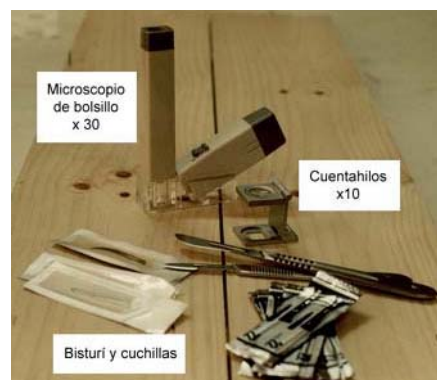


Microscopio óptico de transmisión “Konus Academy 5304.”

## Materiales, útiles, herramientas.

La construcción de modelos a escala, muestrarios y todo tipo de material: listones, bastidores, etc. se ha realizado dentro de la Cátedra de Procedimientos y Técnicas Pictóricas de la Facultad de BB. AA. de la U.C.M.

Se han empleado las siguientes



Microscopio de bolsillo x 30, cuentahilos x 10, mangos de bisturí, cuchillas, etc.

herramientas:



Microscopios, lupas estereoscópicas, etc. del Museo de América.

1. Sierra tronzadora MAGH <sub>s.p.a.</sub> T300.
2. Sierra de calar BOSCH PST 55-PE.
3. Sierra de cinta.
4. Labra.
5. Taladradora BOSCH CSB 500-2.
6. Taladro atornillador sin cable BLACK & DECKER HP 9096.
7. Lijadora de banda BOSCH PBS 75.
8. Grapadora-clavadora eléctrica BOSCH PTK 23 E “electronic”.
9. Gatos de apriete.
10. Tornillo de apriete.
11. Martillo, sierra de costilla, serrucho, escofinas, Surform, lijas, escuadras, etc.



Muestras de la xiloteca del Museo de América.

La toma, preparación y conservación de las muestras microscópicas, así como los muestrarios, se han realizado con los siguientes materiales:



Micrótopmo de deslizamiento del Museo de América.

- Especies de maderas aportadas por el autor de este trabajo, muestras facilitadas por amigos, compañeros, muestras facilitadas por importadores de maderas, muestras encontradas e identificadas posteriormente y muestras enviadas desde distintas partes del mundo (Canadá, EE.UU., Finlandia, Francia, etc.)
- Bisturí: mangos del nº 3 y nº 4 con sus cuchillas correspondientes.
- Disolventes para desecar las muestras: alcoholes, xileno, etc.
- Glicerina y agua al 50% para observación provisional.
- Aceite de cedro, bálsamo del Canadá y resinas sintéticas para montaje de preparaciones indefinidas.
- Tintes para la observación de las muestras: Azul de Metileno y Eosina.
- Porta y cubre objetos Marienfeld, pinzas, tubos de ensayo, etc.

Las imágenes que acompañan este trabajo se han realizado con el siguiente material óptico y fotográfico:

1. Para los modelos reconstruidos, fotos de exteriores, interiores, etc. se han utilizado:

- Cámara réflex Canon AE-1.
  - Objetivo Canon 50 mm.
  - Objetivo Tokina 28 mm.
  - Tele converter 2x Tamron.
  - Motor de arrastre Canon.
  - Cable disparador, trípode, cartulina de grises “Kodak Gray Cards”, etc.
- Cámara compacta “Olympus Superzoom 80G” (zoom 38-80 mm.)
- Película fotográfica Fujicolor Superia ISO 100/21°.

2. Para la observación y toma de microfotografías:

- Cámara réflex Canon AE-1.
- Película fotográfica Fujicolor Superia ISO 100/21°.
- Microscopio óptico de transmisión “Konus Academy 5304” de x40, x100, x400 y x1000, con objetivo de inmersión.



- Adaptador (aro) de cámara fotográfica Canon "Hama T2/Ca".
- Adaptador "Foto Konus 5123" para microscopios.
- Microscopio de bolsillo Konus 30x.
- Lupa de 10x.
- Así como las siguientes instalaciones y materiales del Museo de América:
  - Laboratorio (microscopios, micrótopo de deslizamiento<sup>24</sup>, lupas estereoscópicas, etc.).
  - Xiloteca.

Otros materiales pueden encontrarse en el directorio que se incluye en el trabajo.

### **Terminología traducida.**

Creemos importante la inclusión de las traducciones al inglés de algunos de los términos técnicos más importantes, por ser el idioma utilizado más profusamente en esta industria de la madera.

El motivo es que, en nuestro país, son términos que se suelen utilizar a menudo en inglés, tanto en la construcción como en la industria de la madera.

De todas formas, si interesase por alguna razón la traducción de alguno de estos u otros términos a idiomas como inglés, francés o alemán, puede consultarse con diccionarios técnicos específicos de esas materias, con las obras de Putnam, de Reyes, Camacho Altaya, con las normas UNE que contemplan muchas traducciones en varios idiomas, etc. Se incluye también un glosario en forma de anexo en idioma inglés con términos ,uy importantes utilizados en este sector.

Se ha utilizado la terminología contenida en las normas UNE y su traducción al inglés, por lo comentado anteriormente.

---

<sup>24</sup> Instrumento de corte para la obtención de muestras de reducido espesor y homogéneo.

Con la nomenclatura de las maderas pasa lo mismo que con la de los pigmentos: existe gran confusión, sobre todo al principio cuando venían de colonias americanas o africanas. Se ha tratado de poner un poco de orden en toda la terminología que pudiera parecer confusa y así ubicar cada término donde le corresponde, de ahí la insistencia en acaparar sinónimos. Pueden obtenerse la equivalencia de muchos de ellos en las correspondientes normas UNE y en algunos de los diccionarios específicos relacionados con esta materia que se incluyen en la bibliografía.

# 1 La formación del leño: primer paso en la obtención de la madera y derivados.

El leño es realmente el material más útil con el que vamos a trabajar.

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE-EN 844-7:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 7: Términos generales relativos a la estructura anatómica de la madera.*

## 1.1 Generalidades.

La primera gran clasificación o Taxonomía<sup>25</sup> del reino vegetal nos lleva a dos grandes apartados:

### 1. Plantas Inferiores o **Talófitos**.<sup>26</sup>

- Están formadas por los hongos, algas y líquenes, principalmente.
- En ellas se agrupan unas 102.150 especies.
- Entre ellas no existen especies comercialmente maderables.

### 2. Plantas superiores o Cormófitos.<sup>27</sup>

- En ellas se agrupan unas 270.000 especies.
- Entre ellas se encuentran todas las especies maderables.

---

<sup>25</sup> Taxonomía: del griego *Taxis* = orden + *Nomos* ley, norma. Podríamos decir que la taxonomía vegetal es la parte de la botánica que se ocupa de la clasificación de las plantas y de los métodos o normas que regulan esa clasificación.

<sup>26</sup> Del gr. *Thallos* = tallo + *Futon* = planta, es decir, plantas cuyo aparato vegetativo es un talo. Talo viene del gr. *Tallos* = vástago. También figuran como Talofitas.

<sup>27</sup> Cormo viene del gr. *Kormos* = tronco del árbol y es el aparato vegetativo de las plantas vasculares (raíz, tallo y hojas). Estas plantas superiores por eso se denominan cormófitos. También se les denomina Cormofitas.

	DIVISIÓN	SUBDIVISIÓN	CLASE	SUBCLASE
<b>METAFITAS</b>	<b>PROTOCOLORMOFITOS</b>	<b>BRIOFITINOS</b> (Briófitos) 26.000 especies Son vegetales verdes de hasta 10 cm	<b>BRIATAS</b> (Briópsidos)	<b>HEPATÍCIDAS</b> (Hepáticas) 9.000 especies
				<b>MÚCIDAS</b> (Musgos) 17.000 especies
	<b>CORMÓFITOS</b> 270.000 especies	<b>PTERIDOFITINOS</b> (Pteridófitos) 12.000 especies Plantas de tamaño pequeño o mediano	Arquegoniadas o CRIPTÓGAMAS	
		<b>ESPERMATOFITINOS</b> (Espermatófitos) <b>FANERÓGAMAS</b> 227.000 especies <b>Producen madera</b>		

La anterior clasificación es conocida por todos pero en la actualidad las clasificaciones existentes no reconocen esa categoría sistemática.

Las plantas comunes con las que convivimos a diario se pueden dividir en dos grandes grupos o clases.<sup>28</sup> Esos grupos están integrados por especies<sup>29</sup> que comparten características similares y son los siguientes:

a) Gimnospermas.<sup>30</sup>

b) Angiospermas.<sup>31</sup>

<sup>28</sup> Son catorce realmente las divisiones que agrupan a todas las especies vegetales.

<sup>29</sup> “para el botánico, un grupo de individuos idénticos constituyen una especie; especies de gran parecido forman un género, y grupos de géneros parecidos, una familia. Cada planta tiene un nombre botánico compuesto, indicando el primero el género y el segundo la especie. Estos nombres están, según acuerdo general, en latín (...)” (“Conceptos erróneos acerca de la madera, concepto erróneo n° 11, *Montes*, año II, n° 11, Sept-Oct, 1946, pág. 483).

<sup>30</sup> Del griego *gymnos*, desnudo, sin protección y de *speirein*, *sperma*, semilla. Quiere decir: plantas con semillas que no están protegidas en un ovario, es decir, sus semillas están desnudas.

<sup>31</sup> Del griego *angion*, un vaso y de *speirein*, *sperma*, semilla, sembrar. Plantas con semillas desarrolladas dentro de un ovario. Literalmente sería: semillas incluidas en un vaso.

Ambos grupos son conocidos con nombres más comerciales: a las gimnospermas se les denomina de manera genérica con el nombre de coníferas.<sup>32</sup> En cuanto a las angiospermas, se les conoce con el nombre de frondosas<sup>33</sup> o latifolias, de manera genérica y en ellas (las angiospermas) pueden apreciarse dos grandes e importantes grupos o subclases:

1) Monocotiledóneas.<sup>34</sup>

2) Dicotiledóneas.<sup>35</sup>

Las frondosas sólo van referidas a las angiospermas dicotiledóneas, ya que las monocotiledóneas no dan especies maderables.

En los cuadros siguientes, por razones obvias, no se ha pretendido hacer una exhaustiva clasificación. Se trata, simplemente, de mostrar la magnitud taxonómica que nos ocupa. No se incluyen los géneros, todas las especies y otras divisiones, por no hacer demasiado tediosa esta clasificación. Nos hemos basado, fundamentalmente en la taxonomía extraída de Font Quer<sup>36</sup> y completada con aportaciones de otros autores. Aún así, estas clasificaciones están en continua revisión por la aparición y extinción de



Ginkgo Biloba.  
Real jardín Botánico de Madrid.

<sup>32</sup> Del griego *konos*, un cono de pino, y del latín *ferre*, llevar. La cosa quedaría como árbol productor de conos (las piñas) o árbol con conos.

No es demasiado correcta la denominación de coníferas ya que dentro de las gimnospermas existen cinco divisiones y no sólo una: Pteridospermófitos, Cicadófitos, Ginkgófitos, Coniferófitos y Gnetófitos. Y, además, dentro de la división Coniferófitos existen dos órdenes: Cordaitales y Coniferales.

<sup>33</sup> Del latín *fundus*, abundante de hojas y ramas.

<sup>34</sup> Del griego *monos*, solitario y de *kotyledon*, hueco en forma de taza. Se refiere a las especies cuyo embrión posee un solo cotiledón. Cotiledón es la hoja de la semilla.

<sup>35</sup> Especie cuyo embrión tiene dos cotiledones.

<sup>36</sup> Pius Font Quer, *Diccionario de Botánica*, editorial Labor, S. A., 1ª edición, Barcelona, 1993.

muchas especies y por las diferentes visiones existentes de la misma. No es pues, la mejor clasificación, seguramente, pero lo que pretendemos, repito, es tener un visión global de esas casi 227.000 especies, en general y de unas 173.000 especies maderables, en particular, No están, pues, todos los individuos existentes, sino una pequeña representación. No obstante en la bibliografía se incluyen unos títulos donde poder consultar.

		DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
<b>FANERÓGAMAS</b>	<b>GIMNOSPERMAS</b>	Pteridospermófitos					
		Cicadófitos		Bennettitales			
		Ginkgófito		Cicadales			
		Coniferófitos		Cordaitales			
				Coniferales			
		Gnetófitos		Efedrales			
				Welwitschiales			
				Gnetales			
				Magnoliales			
				Laurales			
	<b>ANGIOSPERMAS</b>	Antófitos (Significa: plantas con flores. 275.000 especies).	Dicotiledóneas	Dilleniales			
				Rosales			
				Leguminales			
				Araliales			
				Hamamelidales			
				Salicales			
				Fagales			
				Miricales			
				Juglandales			
				Urticales			
				Bixales			
				Timeleales			
				Violales			
				Cucurbitales			
				Cactales			
				Malvales			
				Euforbiales			
				Gutiferales			
				Ericales			
				Mirtales			
				Santalales			
				Ramnales			
				Terebintales			
				Celastrales			
				Ligustrales			
				Gencianales			
				Rubiales			
				Tubifloras			
				Ranales			
				Berberidales			
				Piperales			
				Readales			
				Cruciales			
				Aristoliquiales			
				Cariofilales			
				Quenopodiales			
				Poligonales			
				Primulales			
				Ebenales o diospirales			
				Saxifragales			
				Sarraceniales			
				Umbelales			
				Sinandrales			
				Geraniales o gruinales			
			Monocotiledóneas	Helobiales			
				liliales o liliifloras			
				Enantioblastales			
				Ciperales			
				Graminales o glumifloras			
				Escitamineales			
				Orquidales			
				Palmales			
				Arales			
				Pandanales			

GIMNOSPERMAS	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
	Pteridospermófitos					
	Cicadófitos		Bennettitales			
			Cicadales (9 géneros)			Cica. (Planta con semillas más primitiva que vive en la actualidad)
	Ginkgófitos (1 sola especie)					Ginkgo Biloba. (Árbol vivo más antiguo que existe: apareció hace unos 300.000 años <sup>9</sup> )
	Coniferófitos		Cordaitales			
			Coniferales	Lebaquiáceas		
				Pináceas o Abietáceas (250 especies)		Abeto Douglas, Abeto gigante, Abeto blanco, Abeto griego, Abeto noble.
						Picea de Noruega, Picea de oriente, Picea de Serbia, Picea de Stika, Picea del Colorado.
						Alerce europeo,
						Cedro del Atlas, Cedro del Himalaya, Cedro del Líbano.
						Cembo.
						Pino Albar, Pino canario, Pino carrasco (Pino de Alepo), Pino de Monterrey, Pino de Murria, Pino kauri, Pino piñonero, Pino marítimo, Pino mugo, Pino negral, Pino negro.
						Pinsapo, Tsuga del Canadá,
						Cada,
				Cupresáceas (16 géneros)		Cedro de Virginia,
						Ciprés, Ciprés de California, Ciprés de Lawson, Ciprés de Portugal,
						Enebro, Enebro enano,
						Sabinas, Sabina común, Sabina fétida, Sabina negra, Sabina turífera,
						Tuya, Tuya Articulata, Tuya gigante,
				Taxodiáceas		Cedro japonés,
						Ciprés de los pantanos, Secuoya, Secuoya gigante,
				Podocarpáceas		
				Araucariáceas (2 géneros))		Araucaria.
				Taxáceas		Tejo,
				Cefalotaxáceas (1 sólo género y 5 especies)		
	Gnetófitos		Efedrales	Efedráceas		Belcho, Efedra, Efedra mayor.
			Welwitschiales			
			Gnetales			



	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ANGIOSPERMAS	Antófitos (Significa: plantas con flores. 275.000 especies).	Dicotiledóneas	Magnoliales	Anonáceas		Chirimoyas
				Magnoliáceas		Anís estrellado, Arbol de Aji (canela de palo), Magnolio, Tulipero de Virginia.
				Winteráceas		
			Laurales	Lauráceas (1000 especies)		Aguacate, Alcanforero, Canelo, Ébano de Canarias, Laurel, Sasafrás.
				Miristicáceas		Moscadero.
			Dilleniales	Dilleniáceas		
			Rosales	Rosáceas (2000 especies)		Acerolo, Agrimonia, Albaricoquero, Almendro, Alquimila aruense, Árbol del amor, Cerecino, Cerezo, Cerezo aliso, Cincoenrama, Cincoenrama leñosa, Cincoenrama palustre, Ciruelo, Driade, Durillo, Celantina roja, Endrino, Escaramujo, Espino de fuego, Filipéndula, Frambueso, Fresa silvestre, Fresón, Guillomo, Guindo, Laurel cerezo, Loro, Majuelo, Melocotonero, Nispero, Membrillero, Mostajo, Palo jabón.
			Leguminales	Cesalpínáceas		Acacia de 3 espinas, Algarrobo, Ratania, Tamarindo.
				Mimosáceas		Acacia blanca, Acacia de hoja azul, Acacia de las Indias, Acacia de madera negra, Acacia de Persia, Babul, Espino de los chilenos, Mezquite, Mimosa, Vergonzosa.
				Papilionáceas		Robinia o Falsa Acacia, Afacá, Alacranera, Albaida, Alfalfa, Alhova, Alhova azul, Guija (Almorta), Altramuz amarillo, altramuz blanco, Altramuz de hoja estrecha, Árbol del Rosario, Arveja, Arveja común, Aulaga morisca, Aulaga negra (Cambrona), Cacahuete, Carquexia fina, Codeso común, Coletuy, Cuernecillo, Espantalobos, Haba, Haba del Calabar, Esparceta, Frijol, Guisante Galega, Garbancillo, Gatuña, Guija tuberosa, Hediondo.
			Araliales	Cornáceas (115 especies)		Cornejos, Cornejo macho.
				Araliáceas (casi 700 especies)		Hiedra.
			Hamamelidales	Hamamelidáceas (100 especies)		Liquidámbar.
				Platanáceas (1 sólo género y 8 especies)		Plátano de sombra.
			Salicales	Salicáceas (2 géneros y 200 especies)		Alamo blanco, álamo cano, Alamo temblón, Chopo negro, Mimbrera, Mimbrera púrpura, Salguera blanca, Sauce, Sarga, Sauce blanco, Sauce enano, Sauce llorón, Sauce reptante.
			Fagales	Betuláceas (70 especies)		Abedul pubescente, Abedul, Aliso, Aliso gris.
				Fagáceas		Alcornoque, Castaño, Coscoja, Encina, Haya, Melojo, Robles, Quejigo, Rebollo, Rebollo valenciano, Roble Albar, Roble pubescente.
				Coriláceas o Coriáceas (50 especies)		Avellano, Carpe.
			Miricales	Miricáceas		Mirto de Brabante.
			Juglandales	Juglandáceas		Nogal.

	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ANGIOSPERMAS	Antófitos	Dicotiledóneas	Urticales	Ulmáceas (150 especies)		Lames, Olmo, Olmo común, Olmo temblón.
				Moráceas (1000 especies)		Higuera, Higuera de las pagodas, Moral, Morera, Sicomoro, Ficus.
				Cannabáceas		Cáñamo, Lúpulo.
				Urticáceas		Ortiga, Ortiga mayor, Ortiga menor, Parietaria, Ramio.
			Bixales	Bixáceas (1 especie)		Bixa orellana.
				Cistáceas		Ardiveja, Carpazo, Jaras, Jaguarzos, Estepas, Jarillas, Hierba sana (Romerillo), Estepa blanca, Jaguarzo blanco, Jaguarzo Morisco, Jaguarzo negro, Jara cervuna, Jara rizada, Sillerilla, Tomillo morisco.
				Tamaricáceas		Tamarisco (Taray), Taray de maná, Tartajal.
				Frankeniáceas		Brezo de mar, Hierba del salitre.
			Timeleales	Timeleaceas		Bufalaga, Espino amarillo, Lauréola, Mezéreon, Mezéreon alpino, Sanamunda, Torviscos.
				Nictagináceas o Nictageniáceas		Diego de noche, Jalapa.
				Eleagnáceas (45 especies)		Espino amarillo, Árbol del Paraíso.
			Violales	Violáceas (800 especies)		Pensamientos, violetas.
			Cucurbitales	Cucurbitáceas		Calabacero, Calabacin, Calabaza confitera, Calabaza vinatera, Coloquintida, Pepinillo del diablo, Pepino, melón, sandía, Nueza, Esponja vegetal, Chayotera.
			Cactales	Cactáceas		Cabeza de viejo, Chumberas, Reina de noche, Peyotes, Nopal de la cochinilla, Reina de los prados.
			Tiliales			
			Malvales	Malváceas		Algodonero, Aurora común, Cañamera azul, Malva, Malva arbórea, Malva común, Malva oriental, Malva real, Malva verticilada, Malvavisco, Malvavisco Mariño, Malvavisco salvaje, Matilla cañamera, Palo de rosa, Rosa de China, Rosa de Siria.
				Bombacáceas		Árbol de los pájaros (palo borracho), Baobab, barriguda, Árbol de Ceiba, Pochote, Palo de balsa (pata de liebre).
				Tiliáceas		Malva de Judea, Tilos, Yute, Tilo común, Tilo de hoja pequeña, Tilo plateado, Yute chino.
				Esterculiáceas		Árbol botella, Árbol de las manos, Cacao, Cola.
			Euforbiales	Euforbiáceas		Árbol del caucho, Árbol del sebo, Carra, Cascarillero, Cortón, Tornasol, Mercuriales, Ricino, Titimalos, Lechetreznas, Lecherina, Tártagos, Mandioca, Manzanillo, Ortigón bravo, Pichoga, Flor de Pascua (Estrella de Navidad), Euforbia arborescente, Lechetrezna aserrada, Lechetrezna girasol, Lechetrezna palustre, Lechetrezna tonta, Mercurial perenne, Tártago de bosque, Tártago de mar, Tártago mayor, Titímalo árbol, Titímalo espinoso.

	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ANGIOSPERMAS	Antófitos	Dicotiledóneas	Gutiferales	Teáceas o Cameliáceas		Camelia, Te.
				Gutiferáceas o Hipericáceas (800 especies)		Achiotillo, Androsemo, Cerillo, Hipéricos, Pinillo de oro, Mamey, Mangostán, Garnicia Hanbury, Hipérico alpino, Jorco, Pepinillo de oro.
				Dipterocarpaceas (300 especies)		
				Ochnáceas		
			Ericales	Diapensiáceas		
				Piroláceas		Monótopa, Peralito, Peralito menor.
				Ericáceas (1500 especies)		Andrómeda, Arándano, Azalea, Brecina, Breza, Brezo de turbera, Brezo español, Bruguera, Camarina, Rosa de los Alpes, Rododendro, Rosa de los Andes, Ojaranzo, Madroño, Gayuba, Urce, Tambarilla, Gayuba mexicana (Pingüica), Mirtilo, Ojaranzo.
				Empetráceas		
				Epacridáceas (50 especies)		
				Cletráceas (350 especies)		
			Mirtales	Litaceas		Árbol de Júpiter, Salicaria (Arroyuela), Hierba del toro.
				Trapáceas		Abrojo de agua (castaña de agua).
				Rizoforesas (70 especies)		Mangle.
				Combretáceas		
				Mirtáceas		Árbol blanco, Mirto (Arrayán), Clavero, Eucalipto, Guayabo, Jacoticaba, Luma, Murtilla, Pomarrosa, Pimienta de Jamaica, Nuez de Brasil o de Pará.
				Punicáceas (1 sólo género)	Punica	Granado.
				Lecitidáceas		
				Onagraceas o Enoteraceas		Adelfilla de flor pequeña, Adelfilla montana, Adelfilla palustre, Hierba de San Antonio (pelosa), Fucsia, Hierba del asno, Hierba de San Simón.
				Haloragáceas		
				Hipuridáceas		Correhuela hembra.
			Santalales	Santaláceas		Bayón, Retama loca, Tesios, Tesio pirenaico.
				Lorantáceas		Muérdago, Marajo.
				Cinomoríáceas		Hopo de zorro.
			Ramnales	Ramnáceas		Aladierno, Árbol de la cáscara sagrada, Arraclán, Arto, Azufaifo, Carrasquilla, Chopera, Espinas de Cristo, Espino cervical, espino de tintes, Pudío.
				Vitáceas (500 especies)		Enredadera virginia, Hiedra japonesa, Parra, Parra americana, Vid común,

	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ANGIOSPERMAS	Antófitos	Dicotiledóneas	Terebintales	Rutáceas (1500 especies)		Bergamoto, Cidro, Díctamo blanco, Jaborandi, Limero, limonero, Mandarino, Naranja amargo, Naranja dulce, Pampelmusa, Pomelo, Ruda, Ruda montesina, Tarraguillo.
				Simarubáceas (200 especies)		Ailanto (Árbol de los dioses o Árbol del cielo), Cederrón, Cuasia.
				Burseráceas		Incienso, Mirra.
				Meliáceas		Canjerana, Caoba, Cedrelo (Cedro blanco), Lila de Persia.
				Poligaláceas (800 especies)		Poligala calcárea, Poligala común, Poligala de Montpellier, Poligala rupestre.
				Coriariáceas (1 sólo género)		Emborrachacabras, Roldon (hierba zapatera).
				Anacardiáceas (600 especies)		Pistacho (Alfôncigo), Lentisco, Cornicabra, Pimentero falso, Zumaque, Árbol delas pelucas, Hinchador, Mala mujer, Árbol del mango, Barbasco, Quebracho, Zumaque de Virginia.
				Sapindáceas		Ciruelo de China, Jaboncillo, Jabonero de China.
				Aceráceas		Arces, Falso plátano, Negundo, Acirón, Arce de Montpellier, Arce del azúcar, Arce menor, Arce real, Plátano oriental.
				Hipocastanaceas		Castaño de Indias, Castaño de Indias rojo.
				Balsamináceas		Mirame lindo (Adornos balsamina), Verbenaca, Nometoques (Hierba de Santa Catalina).
			Celastrales	Aquifoliáceas		Acebo, Hierba mate.
				Celastráceas		Bonetero, Cambrón.
				Buxáceas		Boj, Boj de las Baleares.
			Ligustales	Oleáceas		Acebuche, Phillyrea media, Aligustre, Alheña, Fresno común, Fresno de hoja pequeña, Fresno del maná o florido, Jazmín común, Jazmín español, Lila, Olivo,, Agracejo.
			Gencianales	Loganiáceas (Del género <i>Strychnos</i> se extrae la estricnina. El curare se extrae de especies del mismo género)		
				Gencianáceas		Centaura amarilla, Cruciatá, Genciana, Genciana ciliada, Genciana de burser, Genciana de campo, Genciana nival, Genciana pirenaica.
				Meniantáceas		Trébol de agua.
				Apocináceas		Adelfa, Alcandórea, Vincapervinca, Estrofantos, Valesia, Vincapervinca.
				Asclepiadáceas		Matacán, Vencetósigo, Taso.
			Rubiales (6000 especies)	Rubiáceas		Amor del hortelano, Aspérula olorosa, Cafeto, Cruzada, Cuajaleche, Espigadilla, Galio blanco, Gardenia, Hedionda, Hierba del carbón, Ipecacuana, Quina, Quinquina, Rubia de tintes, Rubia silvestre, Trompetillas.
				Caprifoliáceas (350 especies)		Lantana (Barbadejo), saúco (Camillero), Madreselva, Durillo, Cerecillo de Europa, Mundillo, Saúco rojo, Yezgo.
				Adoxáceas		Hierba del almizcle.
				Valerianáceas		Milamores (Nardo de monte), Valeriana.
				Dipsacáceas		Botón de soldado, Cardendra, Escabiosas, Escabiosa blanca, Escabiosa de bosque, Escabiosa menor, Escabiosa mordida.

	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ANGIOSPERMAS	Antófitos	Dicotiledóneas	Tubifloras	Polemoniáceas		Valeriana griega.
				Convolvuláceas		Boniato (batata), Berza marina, Campanillas, Correhuelas, Jalapa Dondiego de día, Escamonea, Correhuela azul, Correhuela mayor, dondiego de día.
				Cuscutáceas		Cuscuta (Cabellos de monte), Cuscuta del tomillo (Cabellos de tomillo).
				Boragináceas		Azotalenguas, Borrajas, Lenguas de perro, Consuelda, Lengua de buey, Chupamieles, Onoquiles, Pulmonarias, Mijo del sol, Viboreras, Buglosa, Ceriflor, Chupamiel dorado, Hierba de las 7 sangrías, Nomeolvides alpino, Nomeolvides común, Nomeolvides de agua, Nomeolvides de bosque, Orcaneta amarilla, Pulmonaria, Pulmonaria montana, Rey de los Alpes, Verrucarias, Viborera de flor chica, Viborera italiana.
				Verbenáceas		Maestrante del Brasil, Marialuisa, Sauzgatillo, Teca, Verbena.
				Calitricáceas		Bricio.
				Labiadas (3000 especies)		Agripalma, Ajedrea, Ajedrea blanca, Ajedrea fina, Albahaca, Alhucema, Amaro, Betónica, Brunela, Búgula piramidal, Calamento, Camedrio, Condilera, Cantueso, Escorodonia, Espliego, Hiedra terrestre, Hisopo, Romero, Tercianarias, Lamio, Salvia, Toronjil, Orégano, Mejorana, Tomillo, Menta, Pachuli, Mano, Manubio, Manubio negro.
				Solanáceas (2000 especies)		Alquequenje, Beleño, Beleño blanco, Belladona, Berenjena, Burladora, Cambronería, Dulcamara, Estramonio, Gandul, Hierba mora, Mandrágora, Manzana del Perú, Patatera, Petunia, Pimienta, Tomatera, Tabaco, Tabaco gordo, Tabaco menor, Tomatillos del diablo, Trompetas.
				Escrofulariáceas (3000 especies)		Acigutre, Algarabía, Almisclé, Becabunga, Becerra española, Bellavista, Boca de dragón, Cimbalaria, Corrigia, Digital, Digital amarilla, Enjaulada, Escrofularia, Gordolobo, Verónica, Paulonia, Gallocresta, Graciola, Hierba de los ermitaños, Hierba de Troya, Hierba vaquera, Linaria, Pajarita, Polillera, Trigo vacuno, Verónica.
				Globulariáceas		Coronilla de fraile, Globularia mayor.
				Bignoniáceas		Catalpa.
				Pedaliáceas		Sésamo.
				Acantáceas		Acanto, Acanto espinoso.
				Gesneriáceas		Oreja de oso, (Ramonda Myconi).
				Orobancáceas		Escuamarina, Hierba tora, Rabo de lobo.
				Lentibulariaceas		Grasilla, Lentibularia, Tiraña alpina.

	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ANGIOSPERMAS	Antófitos	Dicotiledóneas	Ranales	Peoniáceas		Peonía, Rosa albardera, Rosa cultivada.
				Ranunculáceas (1500 especies)		Acónito, Acónito común, Adonis de otoño, Adonis vernal, Aguileña, Ajenuz, Albarraz, Nemorosa (anemone de bosque), Anemone de flores de narciso, Arañuela, Botón de oro, Celidonia menor, Clemátide, Cola de ratón, Coronaria, Eléboro fétido, Espuela de caballero, Flor de San Pallari, Hepática, Hierba centella, Hierba del fuego, Hierba de San Cristóbal, Hierba velluda, Nemorosa, Pulsatila, Pulsatila alpina, Pulsatila de primavera, Ranúnculo, Ruibarbo de los pobres.
				Ninfáceas o Ninfáceas		Loto, Nenúfar amarillo, nenúfar blanco.
			Berberidales	Lardizabaláceas		Boquí.
				Berberidáceas		Agracejo, Calafate, Palo amarillo, Podofilo, Uva de Oregón.
			Aristolochiales	Aristolochiáceas		Aristolochia, Asaro, Clematítide.
				Raflesiáceas		Hipicístide.
			Piperales	Piperáceas		Betel, Cubeba, Kawa-Kawa, Pimienta.
			Readales	Papaveráceas		Adormidera, Adormidera espinosa, Glaucio (adormidera marina), Amapola, Amapola de los Alpes, Amapola violeta, Celidonia, Conejillos, Fumaria, Fumaria amarilla, Glaucio rojo, Zadorija, Tijerillas, Zapatito de la Virgen.
				Caparidáceas		Alcaparro.
			Cruciales	Crucíferas (2500 especies)		Alheli amarillo, Aliaria, Asperillo, Berro, Berro de prado, Col (berza), Bolsa de pastor, Bróculi, Broquelete, Camelina, Carrasque, Coclearia de Dinamarca, Col de Bruselas, Lombarda, Col marina, Col rizada, Coliflor, Colinabo, Colza, Matacandil, Isátide, Juliana, Alhelies, Hierba de Santa Bárbara, Rábano rústico, Cestillo de oro, Mastuerzo, Carnelina, Hierba de los anteojos, Mostazas, Jaramago, Nabo, Naba,
				Resedáceas		Gualda, Reseda, Reseda amarilla, Reseda blanca, Reseda de olor.
			Cariofilales	Cariofiláceas		Alsine de bosque, Arenaria roja, Jabonera blanca (Borbonesa), Clavel, Flor de Júpiter, Flor de cuclillo, Césped espinoso, Clavel de túnica, Clavellina, Clavellina de los cartujos, Clavelito, Esparcilla, Hierba de la sangre, Jabonera, Milengrana, Minutisa, Neguilla, Nevadilla, Pamplina, Silene.
				Baseláceas		Espinaca de China (Malabar).
				Portulacáceas		Hierba del manantial, Verdolaga.
			Quenopodiales	Quenopodiáceas		Acelga, Armuelle, Barrilla, Biengranada, Espinaca, Osagra, Pazote, Remolacha, Vulvaria, Zurrón, Remolacha azucarera, Remolacha roja, Salicornia, Verdolaga marina.
				Amarantáceas		Bledo, cresta de gallo.
				Fitolacáceas		Ombú (bella sombra), Grana, Hierba de pipi.
				Aizoáceas		Algazul, Escarchada, Flor de cuclillo (gazul).
			Poligonales	Poligonáceas		Acedera, Acederilla, Polígono trepador Albohol de Castilla), Bistorta, Bistorta vivípara, Centinodia,

	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ANGIOSPERMAS	Antófitos	Dicotiledóneas	Primulales	Primuláceas		Pimienta acuática, Polígonos, Trigo sarraceno, Romazas, Polígono alpino, Romaza alpina, Romaza común, Romaza de hojas grandes, Ruibarbo.
				Mirsináceas		
				Plumbagináceas		Belesa, Siempreviva azul.
			Ebenales o diospirales	Ebenáceas o Diospiráceas		Ébano, Palo Santo (caqui).
				Simplotáceas (1 sólo género)	Symplocos	
				Estiracáceas		Estoraque, Styra benzoin.
				Sapotáceas		Chicozapote.
			Saxifragales	Crasuláceas		Ombigo de Venus, Sombrerillos, Siemprevivas, Uña de gato, Vermicularia, Pampajarito, Siempreviva de montaña, Siemprevivas de telarañas.
				Saxifragáceas		Corona de reina, Corona de rey, Hepática dorada, Saxifraga amarilla, Saxifraga de bosque, Saxifraga purpúrea.
				Parnasiáceas		Hepática blanca.
				Grosulariáceas		Grosellero, Grosellero negro, Uva espina.
				Pitosporáceas		Pitósporos.
			Sarraceniales	Sarraceniáceas		
				Nepentáceas (1 sólo género)	Nepenthes	
				Cefalotáceas		
				Drosáceas		Atrapamoscas (Dróseras), drosera mayor.
			Umbelales	Umbelíferas (3000 especies)		Adelfilla, Alcaravea, Angélica, Apio, Apio bastardo, Apio caballar, Apio de montaña, Arracacha, Asa fétida, Biznaga, Candileja, Cardo blanco, Cardo corredor, Castañuela, Cicuta, Comino, Culantro, Chirivía, Chirivía de agua, Eneldo, Eringio marítimo, Fécula, Hierba de San Gerardo, Hinojo, Hinojo marítimo, Imperatoria, Macuca, Nabo del diablo, Peine de venus, Perejil, Perifollo, Perifollo áspero, Pimpinela negra.
			Sinandrales	Campanuláceas compuestas o Asteráceas (Es la mayor familia, la más próspera y la más ampliamente distribuida: tiene 20000 especies)		Abremanos, Abrótano macho, Abrótano hembra, Aciano, Achicoria, Diente de león (Achicoria amarga), Achicoria dulce (condrila), Aguaturna, Ajenjo, Alcachofera, Milenrama (Aquilea), Arnica, Artemisa, Olivarda (Atarraga), Cártamo (azafrán bastardo), Barba de cabra, Bardana menor (Cadillo), Bardana (Lampazo), Cachurrea, Eupatorio, (Canabina), Cardo, Cardo almizclero, Cardo de liga, Cardo borriquero o mariano, Cardo santo o bendito, Cardo yesquero, Carlina.
			Geraniales o gruinales	Oxalidáceas		Agrios, Aleluya, Churqui.
				Geraniáceas		Alfileres de pastos, Almizclera, Geranios, Hierba de San Roberto, Malvarrosa, Hierba de San Lorenzo, Pico de cigüeña.
				Tropeoláceas		Capuchinas.
				Zigofiláceas		Abrojo, Alharma, Dátil del desierto, Guayaco, Morsana, Rosa de la Virgen.
				Lináceas		Cantilaga (¿Cantilagua?), Lino, Lino blanco, Lino perenne, Lino purgante, Lino viscoso.
				Eritroxiláceas		Coca.
				Cneoráceas		Olivillo.

		DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
<b>FANERÓGAMAS</b>	<b>ANGIOSPERMAS</b>	<b>Antófitos</b>	<b>Monocotiledóneas</b>	Helobiales	Alismatáceas		Alisma (Llantén de agua, pan de ranas), Saeta, Sagitaria.
					Butomáceas		Junco florido.
					Hidrocaritáceas		Elodea, Pita de agua, Mordisco de rana, Valisneria.
					Juncagináceas		
					Scheuchzeriáceas		
					Potamogetonáceas		Posidonia (Alga de vidrieros), Broza fina, Espiga de agua, Hierba de mar.
					Zanichelliáceas		
					Najadáceas		
				liliales o liliifloras	Liliáceas		Ajo, Ajo romano, Aloe, Brusco (Arrayán salvaje), Azucena, Lirio Martagón (Azucena silvestre), Tabacal (Flor de un día), Tulipán Verdegambre (Balletero), Brusco, Cebolla, Cebolleta (Cebolla de invierno), Cebollino, Cólquico, Chalote, Diente de perro, Drago, Escila, Esparraguera, Gamón, Gamoncillo, Gladiolo, Jacinto (almizclado, silvestre), Lágrimas de la Virgen, Leche de gallina, Puerro, Flor de Lis, Zarzaparrilla.
					Agaváceas		Pita, Tuberosa, Fourcroia.
					Amarilidáceas		Campanilla, Narciso, Azucena de mar, Campanilla de las nieves, Campanilla de primavera, clivia, Junquillo oloroso, Narciso de los prados, Trombón, Tupinambo blanco.
					Dioscoreáceas		Nueza negra, Ñame.
					Iridáceas		Lirio, Lirio amarillo (ácoro bastardo), Azafrán, Azafrán silvestre, Croco, Gladiolos, Lirio blanco o de San Antonio (Azucena), Lirio español, Lirio hediondo, Lirio negro, Lirio silvestre.
					Juncáceas		Juncos (de mar, enano, redondo), Luzula.
					Bromeliáceas		Ananás, Caraguatá.
				Enantioblastales	Commelinaceas		Tradescantia.
				Ciperales	Ciperáceas		Carrizo, Papiro, Chufa, juncia larga, Junco de laguna, Lastán.
				Graminales o glumifloras	Gramíneas (5000 especies)		Alesta, Alpiste, Arroz, Arroz de América, Avena, Avena borde, Bambú, Barrón, Bromo de los prados, Caña, Caña de azúcar, Cañuela, Cebada, Centeno, Trigo Cerrillo, Cizaña, Cola de zorra, Esparto, Espiguilla, Espolín, Maíz Grama común, Grama de las boticas, Grama en jopillos, Mijo, Panizo, Sorgo, Heno blanco, Hierba cinta, Hierba del maná, Lágrimas, Lágrimas de Job, Panizo común, Paspayás, Raigras, Tortero, Trigo bastardo, Trigo de guinea.
				Escitamineales	Musáceas		Árbol del viajero, Ave del paraíso, Bananero o platanero.
					Zingiberáceas		Cardamono, Cúrcuma, Jengibre.
					Cannáceas (1 sólo género)		Caña de Indias (Junco de Indias), Canna Edulis.
					Marantáceas		
				Orquidales	Orquidáceas		Flor de abeja, Flor del hombre ahorcado, Nido de pájaro, Orquídeas (de soldado, gigante, de dama), Salep, Zapatitos (de dama), Satirión, Vainilla.
				Palmales	Palmas		Cocotero, Palmeras (Palma canaria, datilera, de creta Palmito, Rafia.
				Arales	Araceas		Acoro verdadero, Aro, Aro palustre, Dragontea.
					Lemnaceas		Lenteja de agua.
				Pandanales	Pandanáceas		
					Esparganiáceas		Platanaria (Esparagano).
					Tifáceas		Espadaña.



## 1.2 Sistemas principales que componen el cuerpo vegetativo de los espermatófitos. El órgano del tallo.

El cuerpo vegetativo de los espermatófitos<sup>37</sup> se compone de dos sistemas principales:

- El sistema de la raíz o sistema radical.
- El sistema del vástago (sistema apical) que, a su vez, está compuesto por dos clases de órganos:
  - Los tallos.
  - Las hojas.<sup>38</sup>

De estos sistemas el que nos interesa a nosotros es el sistema del vástago y, dentro de él, el órgano del tallo, porque es el que vamos a aprovechar para la obtención de los productos de madera y sus derivados. Los demás órganos y sistemas, lógicamente contribuyen a la formación del tallo pero profundizar en ellos no tiene cabida en este trabajo.

El tallo desarrolla diversas funciones de capital importancia como son: soporte de la planta, conducción (del agua, sales minerales y alimentos elaborados), almacenamiento,<sup>39</sup> etc.

Tipos de tallos:

- Tallos de plantas leñosas (tanto gimnospermas como angiospermas).

---

<sup>37</sup> Del griego *speirein*, *sperma*, semilla y *phyton*, planta, es decir, planta con semillas. Son también denominadas fanerógamas y engloban a las angiospermas y a las gimnospermas.

<sup>38</sup> “Cuando en el árbol no queda más que una hoja parece que le cuelga la etiqueta de su precio”, “Las hojas que caen son participaciones que el otoño nos regala para su rifa” (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, págs. 23 y 149).

<sup>39</sup> Se almacena en ellos: agua, alimento (principalmente almidón, también azúcar, grasas y proteínas), sustancias mucilaginosas (hidratos de carbono), taninos (en la corteza de abeto, robles, mangles, acacias, castaño, etc.) y látex (higo, diente de león, laurel y vencetósigo) pero otros tipos de látex comerciales y más importantes son los de *Hevea brasiliensis*, *Castilloa elástica*, *Manihot glaziovii*, Guayule (*Parthenium argentatum*); también almacena resinas, gomas, etc. (Wilfred W. Robbins et al., *Botánica*, Editorial Limusa-Wiley, S.A., México, 1970 op. cit., pág. 130.)

- Tallos de monocotiledóneas (trigo, avena, arroz, cebolla, lirio, espárrago, palmas, etc.)
- Tallos de plantas herbáceas que pertenecen a las dicotiledóneas (chicharos, frijoles, geranio, girasol, etc.)
- Tallos modificados (bulbos de cebolla, tallos de cactus, fresa, hierbas perennes...)40

El tipo de tallo con el que vamos a trabajar es el referido al de las plantas leñosas, precisamente por eso, por contener el leño<sup>41</sup>. El resto no interesa por no tener tallos maderables.

El porte de la planta nos va dar una idea de si el individuo es árbol, arbusto o mata.

A nosotros nos interesa el tallo de los árboles precisamente porque son los que tienen mayor longitud y grosor, de los que obtener piezas de escuadría más importante. A título informativo diremos que los **árboles**<sup>42</sup> tiene una altura superior a 5 m con un tronco que se ramifica a cierta altura. **Arbustos**<sup>43</sup> son también unas plantas perennes superiores a un metro e inferiores a 5 m de altura que se ramifican a nivel del suelo. Las **matas**<sup>44</sup> son arbustos inferiores a 1 m de altura. Estos dos últimos no son maderables, aunque de alguno de ellos como el boj se pueden obtener piezas de muy buena calidad y con bastantes usos.

---

<sup>40</sup> Según Wilfred W. Robbins et. al., op. cit., págs. 84-85.

<sup>41</sup> Hay que tener en cuenta que hay tallos muy cortos o eminentemente largos: “Hay plantas en las que sólo tiene unos milímetros y otras en que llega a 150 m., como en algunos eucaliptos de Australia, o hasta 300 m. en las palmeras, que crecen en la India, del género *Calamus*” (Pius Font Quer, op. cit.pág. 57).

<sup>42</sup> En botánica sistemática se utiliza el signo de Saturno atravesado por dos trazos para representar a los árboles:



<sup>43</sup> Para arbustos y matas se utiliza el Signo de Saturno, simplemente:



<sup>44</sup> (Pius Font, Quer, op. cit, pág. 68).

### 1.3 El desarrollo de la planta.

“Los árboles son el sistema venoso del ambiente. Hay momentos en que el aire es tan límpido, que eso se nota bien.”

*Greguerías Forestales.* Ramón Gómez de la Serna.

La vida de las plantas comienza de igual manera que en los animales y el hombre: el espermatozoide se une con el núcleo de un saco embrionario y forma la primera célula de la planta.<sup>45</sup> Esta célula inicial, llamada cigoto, se va desarrollando hasta formar el embrión y el endosperma:

[El endosperma es] un tejido que es la fuente de alimento del embrión. Cuando la semilla ha llegado a la madurez, el embrión entra en una fase de quiescencia o letargo. A partir de ese momento, el crecimiento queda confinado a áreas restringidas, los meristemas apicales, que son regiones de división celular activa.<sup>46</sup>

En las plantas verdes se producen una serie de procesos o funciones orgánicas conducentes a transformar agua y sales minerales en sustancias alimenticias por medio de la energía solar.

El proceso de la nutrición tiene lugar en las células, pues es en ellas donde se desarrollan las reacciones químicas que transforman los alimentos para convertirlos en sustancias propias o destruirlos para liberar energía que el organismo necesita para su funcionamiento.

Para que los nutrientes entren en las células, primero tiene que llegar a ellas y luego atravesar sus membranas (...)<sup>47</sup>

Sistema circulatorio				
Circulación	Savia	Sustancias	Tipo de conducto	Localización
Ascendente	Bruta	Agua	Vasos leñosos	Xilema
		Sales minerales		
Descendente	Elaborada	Glucosa y otros azúcares	Tubos liberianos	Floema o liber.
		Proteínas		
		Enzimas		
		Ácidos orgánicos....		

<sup>45</sup> “Hace aproximadamente trescientos años, concretamente en 1665, el inglés Robert Hooke, examinando al microscopio una laminilla de corcho, observó que estaba formada por pequeñas cavidades poliédricas a las cuales denominó células, aludiendo con ello a su parecido con las celdillas de un panal. Por esta circunstancia se viene considerando a Hooke como el descubridor de la célula” (Vicente Dualde Pérez, *Biología*, Editorial Ecir, S.A., Madrid, 1993, pág. 131).

<sup>46</sup> Peter H. Raven et. al., *Biología vegetal*, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1975, pág. 160.

<sup>47</sup> Vicente Dualde Pérez, op. cit., pág. 205. Si se quiere una descripción muy bien detallada, puede consultarse a este autor en las págs. 211-247.

El proceso comienza con la absorción de agua y sales minerales por medio de los pelos capilares de las raíces<sup>48</sup>. Esta absorción se realiza por medio de ósmosis.<sup>49</sup>

Esta savia bruta<sup>50</sup> (savia ascendente o mineral) asciende por el xilema (vasos y traqueidas) hasta la copa del árbol donde se encuentran las hojas. Es lo que se denomina circulación ascendente. En ellas se produce la transformación de la savia bruta en elaborada por medio de una reacción química: la fotosíntesis. Ésta se produce obteniendo de la luz del sol la energía necesaria para cambiar el CO<sub>2</sub> del aire con el agua para formar azúcares (carbohidratos como la celulosa, principal componente estructural) en presencia de la clorofila.

Una vez conseguido esto, el alimento (glucosa, sacarosa, etc.) es distribuido a todas las partes del árbol, o de la planta a través de la corteza interna, por medio de los tubos cribosos del floema o vasos floemáticos.<sup>51</sup>

Como toda el agua absorbida no es necesaria<sup>52</sup>, la planta acaba eliminando el 99% del agua y el ciclo continúa repitiéndose. Esto lo realiza por las hojas:

Por medio de los finísimos vasos de la madera, quedan en comunicación continua las raíces con las hojas, y de este modo, el árbol dispone de un sistema capilar que sustituye siempre, automáticamente, la cantidad de agua transpirada por los poros de las hojas.<sup>53</sup>

Ya que se produce una corriente también se produce una velocidad en la circulación ascendente de la savia. Según Kraemer esta velocidad es

---

<sup>48</sup> “Las raíces de los árboles están cruzadas de brazos”, “El árbol busca un corazón bajo tierra con las manos crispadas de sus raíces”, “Los mandarines se mandan hacer sillones con raíces de árbol y por eso están tan arraigados en la vida”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, págs. 26, 225 y 240).

<sup>49</sup> “Movimiento del agua a través de una membrana semipermeable desde un área en la cual la concentración [de sales] es elevada a otra en la cual la concentración [de sales] es más baja” (Robert H. Devlin, *Fisiología vegetal*, pág. 50).

<sup>50</sup> La savia bruta no es más que agua y con sales minerales.

<sup>51</sup> “[Posteriormente se distribuyen esos azúcares] en forma de disolución por la planta para ser utilizados inmediatamente o tras un período de almacenamiento para formar nuevos tejidos” (Raquel Carreras Rivery, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997, pág. 10).

<sup>52</sup> Hay especies como el abedul que en un día caluroso de verano, por ejemplo, pueden llegar a consumir más de 200 litros de agua, aunque sea transpirada posteriormente. Las especies tropicales necesitan mucha agua, algunas más de esos 200 litros diarios.

<sup>53</sup> Gustav Kraemer Koeller, *Compendio de la conservación de maderas*, Imprenta cervantina, Santander, 1958, pág. 22.

variable: según hora del día, día del año, especies, etc. En algunas especies como el roble a varios metros por hora y en algunos coníferas solo a unos 30 40 cm/h. Aunque de forma general los que tiene mayor transpiración (las frondosas) son los que producen mayor movimiento. En la circulación descendente de la savia elaborada la velocidad es menor, siendo, aún así, más rápida en las frondosas<sup>54</sup>.

Hay dos procesos diferenciados por los que la planta se desarrolla, y con ello el tallo:

- El crecimiento primario que se produce por la acción de los meristemos apicales.<sup>55</sup> Son los responsables de la formación de los tejidos y del crecimiento en longitud (altura) del tallo:

Alarga el cuerpo de la planta y aumenta las superficies de contacto con el aire y el suelo. Los órganos reproductores (las flores) se forman por crecimiento primario (...) El crecimiento primario no cesa una vez que empieza el crecimiento secundario, sino que continúa en los ápices de las ramificaciones del vástago y de la raíz durante toda la vida de la planta.<sup>56</sup>

- El crecimiento secundario, que es el responsable de que se desarrollen los nuevos tejidos que harán que el tallo se desarrolle en grosor. Se desarrolla a partir del 2º año de vida de la planta, salvo en las plantas anuales.

Del crecimiento primario solo nos interesa destacar los tipos de células<sup>57</sup> y la función que tiene cada una. Esos tipos de células y sus funciones se verán más detenidamente al hablar del crecimiento secundario, pues es el que realmente nos acerca a la madera ya formada.

---

<sup>54</sup> Gustav Kraemer Koeller, op. cit., págs. 22-23.

<sup>55</sup> Se trata de los tejidos meristemáticos del ápice de la raíz y del tallo. Ápice viene del latín *Apex*, extremo, punta. Es decir, los tejidos que se encuentran en las dos “puntas” de la planta: raíces y tallo. Para información más completa vid. Peter H. Raven et. al., op. cit., págs. 128-149.

<sup>56</sup> Peter H. Raven et. al., op. cit., pág. 128.

<sup>57</sup> La célula vegetal, como ocurre con la célula animal, es «mínimo *ente* de los vegetales leñosos. Célula son las fibras, vasos, traqueidas, parénquima, radios leñosos, etc.» (Antonio Camacho Altaya, *La madera y su entorno. Vocabularios español y francés ilustrados*, Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid 1988, pág. 108). Lo que va a diferenciarlas es lo siguiente: la célula animal no posee pared celular, tiene una membrana para comunicarse con las células próximas, en cambio, la célula vegetal tiene las punteaduras para comunicarse y, además, posee pared celular.

Existen diferencias entre las células de crecimiento primario y secundario pero, a grandes rasgos, sus funciones son las mismas<sup>58</sup> por eso no vamos a hacer diferenciaciones cuando hablemos de ellas.

### 1.3.1 Crecimiento primario.

Puede hablarse de tres tejidos meristemáticos primarios<sup>59</sup> que acaban por transformarse en tejidos primarios:

- a) Protodermis<sup>60</sup>: Es la capa más externa de células. Se transforma en la *epidermis*,<sup>61</sup> que cubre y protege a los tejidos primarios subyacentes. Evita la pérdida excesiva de agua y permite el intercambio de gases.
- b) Meristemo<sup>62</sup> hundido o meristemo primordial: El tejido primario que se forma es:
  - La médula.
  - La corteza.<sup>63</sup>
  - Los radios medulares.
- c) Procambium<sup>64</sup>: Sus células dan lugar a los tejidos vasculares primarios.<sup>65</sup>
  - Floema primario:<sup>66</sup> Conductor del alimento.
  - Xilema primario:<sup>67</sup> Conductor del agua y las sales minerales.
  - Cambium vascular: produce los tejidos secundarios (junto con el cambium suberífero).

---

<sup>58</sup> Wilfred W. Robbins et. al., op. cit., pág. 112.

<sup>59</sup> *Meristos* deriva del griego y significa divisible (células capaces de dividirse). En este caso, el meristemo primario es el grupo de células que dan lugar a los tejidos primarios por división celular y que proceden directamente de las células embrionarias. Originan también hojas, flores, ramas, etc.

<sup>60</sup> Del griego *protos*, primero y *derma*, piel.

<sup>61</sup> Del griego *epi*, sobre y *derma*, piel. Es la capa superficial de células (o capa celular más externa) presente en la estructura primaria de la planta.

<sup>62</sup> También se usa en femenino: meristema.

<sup>63</sup> “La arrugada corteza de los árboles revela que la Naturaleza es una anciana”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 164).

<sup>64</sup> Del latín *pro*, antes y *cambium* “(...) uno de los líquidos alimenticios que se suponía nutrían a los órganos del cuerpo. Capa generalmente considerada como de una o dos células de grueso (...)” (Wilfred W. Robbins et. al., op. cit., pág. 584). Procambium es, pues, el tejido que origina en casi todas las plantas leñosas el cambium.

<sup>65</sup> Del latín *vasculum*, un pequeño vaso. Que tiene vasos conductores de líquido.

<sup>66</sup> Del griego *phloos*, corteza. También se le denomina liber.

<sup>67</sup> Del griego *xylon*, madera. Es el tejido que constituye la mayor parte del leño.

Todos estos tejidos están formados por una serie de células que, como ellas desarrollan diferentes funciones para las que han sido creados:

Tipos de células y tejidos de la estructura primaria	a) Epidermis	Células epidérmicas	
		Células auxiliares	
		Pelos epidérmicos	
	b) Corteza <sup>68</sup>	Colénquima <sup>69</sup>	
		Esclerénquima <sup>70</sup>	Fibras
			Esclereidas
		Parénquima <sup>71</sup>	
	c) Tejido vascular	Xilema	Fibras <sup>72</sup>
			Traqueidas <sup>73</sup>
			Elementos de los vasos <sup>74</sup>
		Floema	Fibras
			Elementos de los vasos cribosos <sup>75</sup>
			Células auxiliares <sup>76</sup>
			Parénquima
		Cambium vascular	
	d) Médula	Parénquima (principalmente)	
		Fibras (ocasionalmente)	
	e) Radios leñosos	Células parenquimatosas	

<sup>68</sup> Del latín *cortex*, corteza. Se trata de los tejidos que circundan el cambium de los tallos leñosos.

<sup>69</sup> Del griego *kolla*, pegamento y *enchyma*, que, a su vez, deriva de parénquima, tipo de tejido celular.

<sup>70</sup> Del griego *skleros* duro y, *enchyma*, es decir, tejido de resistencia. Aludiendo a su función.

<sup>71</sup> Es el tejido fundamental de los vegetales con leño. Las células que lo componen son las últimas en morir al transformarse la albura en duramen. “Del griego *parencheim*, un antiguo término médico griego que significa verter al lado y que expresa el antiguo concepto de que el hígado y otros órganos internos eran formados por sangre que se difundía a través de los vasos sanguíneos y se coagulaba, designándose, por lo tanto, tejido fundamental” (Wilfred W. Robbins et. al., op. cit., pág. 593). “Del griego *parenchima*, sustancia de los órganos, también denominado tejido fundamental” [Enrique Fontanillo Merino (director), *Diccionario de biología*, Ediciones Generales Anaya, S.A., Madrid, 1ª edición, 1985, pág. 276].

<sup>72</sup> Del latín *fibra*, una fibra o filamento.

<sup>73</sup> Del griego *tracheida*, tubo de aire.

<sup>74</sup> Del latín *vasculum*, pequeño vaso.

<sup>75</sup> También llamados tubos cribosos o células cribosas, “son células que conducen azúcar y son propias del floema de plantas con flores” (Peter H. Raven et. AL., op. cit., pág. 690).

<sup>76</sup> También llama célula anexa o acompañante, “es una célula parenquimática pequeña y especializada asociada con las células cribosas o tubos cribosos del floema de las plantas vasculares” (idem., pág. 675).

Funciones que realizan las células y tejidos anteriores:

Funciones realizadas por las células y tejidos	Parénquima	Almacenamiento de agua
		Almacenamiento de alimento
		Conducción de materiales a distancias cortas
		Las células secretoras son de tipo parenquimatoso
	Colénquima	Elementos del tejido de resistencia o sostén (Las esclereidas a veces realizan funciones de protección)
	Fibras	
	Traqueidas	
	Esclereidas	
	Vasos	Conducción de agua y sales minerales
	Traqueidas	
	Tubos cribosos	Conducción de alimentos (azúcar)
	Cambium vascular	Sus células son capaces de división

### 1.3.2 Crecimiento secundario.

Como ya dijimos, es el responsable de incrementar el diámetro del tronco y además genera tejidos de conducción y de sostén.

Los tejidos secundarios no derivan directamente de los tejidos primarios derivan de la producción de nuevas células realizadas por:

- Cambium de corcho (felógeno).
- Cambium vascular.

Estructura secundaria de gimnospermas y angiospermas leñosas:

- Cambium vascular:<sup>77</sup>
  - Es la capa especializada en formar nuevas células
  - Rodea al xilema totalmente (que contiene la parte viva del árbol) y, a su vez, es rodeado por el floema.
  - Forma células diferentes entre sí:

a) Células iniciales fusiformes:<sup>78</sup>

<sup>77</sup> Hay una secuencia muy gráfica y bien explicada de cómo se forman las células a partir del cambium. Queda perfectamente claro todo el proceso que pudiera parecer un tanto enrevesado. Vid. Wilfred W. Robbins et. al., op. cit., Fig. 7.33, pág.110.

<sup>78</sup> Fibras (células alargadas de cambium), traqueidas, elementos vasculares, células auxiliares y elementos del vaso criboso.



b) Células iniciales radiales (los radios vasculares).<sup>79</sup>

- Inactivo durante el invierno. Produce cada año nuevo xilema (hacia la cara interna) y nuevo floema secundario (hacia la cara externa).
- Floema secundario: Es la corteza interna.
- Xilema secundario: Se diferencian en él dos zonas: leño de primavera<sup>80</sup> y leño de verano, formando juntos un anillo anual de crecimiento. Al crecer el árbol, el leño del centro ya no tiene función conductora y se le denomina duramen. Al leño exterior se le denomina albura.

### 1.3.2.1 Estructura macroscópica.

Para apreciar la estructura de la madera hay que tratar dos aspectos fundamentales que son: su estructura externa y su estructura interna, es decir, su estructura o anatomía macroscópica y su estructura o anatomía microscópica.

Para comprender las características, propiedades, el porqué del “trabajo”, etc., de este material, debemos aproximarnos a su estructura. Su diseño, tanto interno como externo, nos dará la pista de su comportamiento tan extraordinario.

Estructura macroscópica es la estructura tal, que para observarla no hace falta microscopio. Ayuda a determinar, al igual que ocurre con la estructura microscópica, el tipo de especie a que pertenece la madera y se efectúa a simple vista y/o con ayuda de una lente de diez aumentos (10x).<sup>81</sup> Para ver su estructura microscópica sí se hace necesario el uso de microscopios.

La observación y estudio de los caracteres macroscópicos son el primer paso en la identificación, pero solo con ellos no es suficiente. Caracteres

---

<sup>79</sup> A través de ellos se mueve el agua y los nutrientes del xilema al cambium y al floema, en el primer caso, y del floema al cambium y al xilema en el segundo.

<sup>80</sup> “Cuando los árboles tienen sabañones es que viene la primavera” ((Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 72).

<sup>81</sup> A veces es muy difícil determinar con precisión la especie de madera a la que pertenece la muestra de madera y la identificación se queda a nivel de género o de familia. Para una identificación precisa se utiliza la anatomía comparada.

como color, olor, textura, anillos, vetas, si el *hilo*, o lo que es lo mismo, la dirección de las fibras respecto al eje longitudinal es recto o no lo es, etc., son los primeros que podemos reconocer con un primer análisis superficial.

Para la observación estructural, que además ayuda a la identificación de la especie, debemos proceder a la orientación y búsqueda de las tres secciones o direcciones fundamentales.

La primera de ellas es la sección transversal y se aprecia al seccionar, valga la redundancia, transversalmente un tronco. Pueden apreciarse los siguientes elementos: Corteza externa, corteza interna, cambium, estructura leñosa (albura, duramen), radios leñosos y médula.<sup>82</sup>

- **Corteza externa.**

Recibe también otras denominaciones: **Corteza propiamente dicha. Corteza principal. Corteza muerta. Endodermis. Córtez de los árboles.**



Corteza de conifera. Podemos apreciar perfectamente también sus anillos de crecimiento.

---

<sup>82</sup> No todos ellos son apreciables a simple vista o con lente de 10x, pero nos puede dar una idea de cómo son sus estructuras.

Es la corteza propiamente dicha. Está constituida por células muertas. Es una capa celulósica externa que se renueva constantemente.

Protege al árbol de las inclemencias del tiempo: viento, frío, calor, protegiéndole del ataque de hongos e insectos.

La corteza es una fuente importante de:

- Extractos como ácido tánico (quebracho, acacias, abetos de Canadá, robles, etc.)<sup>83</sup>
- Extractos medicinales: quinina.
- En algunos casos «(...) extractos de corteza ricos en fenoles mezclados con epiclorhidrina son útiles como compuestos adhesivos».<sup>84</sup>
- Corcho.

- **Corteza interna.**

También se le denomina: **Liber.** **Corteza secundaria.** **Corteza viva.** **Floema.**<sup>85</sup> **Leptoma.** **Región cribosa.**

Por ella se transporta la savia elaborada y se envía a todas las partes del árbol.

Se renueva constantemente y constituye el conjunto de vasos liberianos de un vegetal. Al lado de cada uno de estos vasos o tubos cribosos hay una serie de células acompañantes que están en comunicación con él por medio de punteaduras transversales.

Además de los vasos liberianos existen células cambiformes (células vivas de forma alargada y puntiaguda) y parénquima (células alargadas que tienen paredes finas).<sup>86</sup>

---

<sup>83</sup> El análisis de extractivos y el uso de la luz ultravioleta son métodos usados también en la identificación de maderas.

<sup>84</sup> Gessner G. Hawley, *Diccionario de química y productos químicos*, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1993, pág. 278.

<sup>85</sup> Del griego *phloos*, *corteza*.

<sup>86</sup> Para una información más completa puede consultarse el completo artículo de José Pérez Sáez, "Investigaciones sobre las causas que motivan la circulación de la savia elaborada", *Montes*, año XXXII, n° 183, Montes, Madrid, 1976, págs. 5-12.

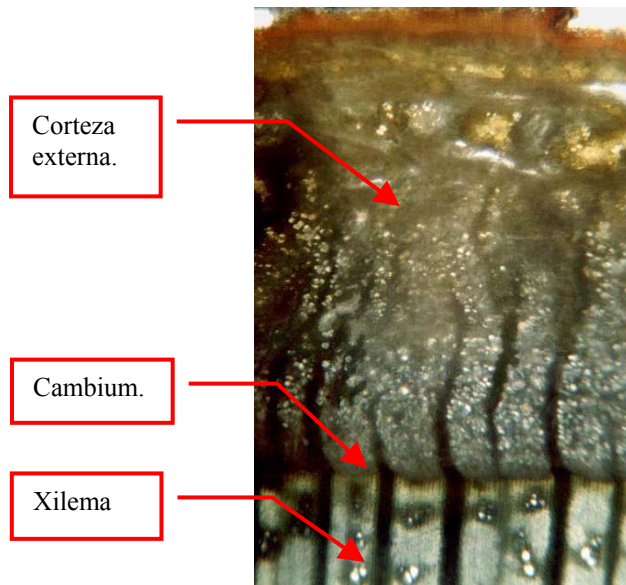
- **El Cambium.**

También se le denomina: **Zona cambial**. Zona “madre”. **Anillo de cambio, y los anillos anuales de crecimiento.**<sup>87</sup>

Es una fina capa generatriz de unas pocas células, responsable del crecimiento en espesor del árbol. Estas células forman hacia adentro las células del leño (células leñosas) y hacia fuera las células del liber o floema (células floemáticas). Es decir, que tienen la propiedad de dividirse y formar otras células.



Corteza de ciprés (*Cupressus Sempervirens*). Real Jardín Botánico de Madrid.



Está situado entre el leño y la corteza y sólo se divide durante la estación vegetativa:

(...)[La estación vegetativa suele coincidir con] la primavera y el verano, en la mayoría de las plantas de regiones templadas; la estación lluviosa en las plantas del desierto y de las zonas secas de los trópicos.<sup>88</sup>

Observable sólo con microscopio.

La superposición de capas de cambium hacia el leño origina los **anillos de crecimiento** (observables en la sección transversal como círculos concéntricos, normalmente, sin necesidad de microscopio). En la sección

<sup>87</sup> La palabra finesa que define el anillo anual es *Lusto*, También lleva este nombre un museo en Finlandia. Puede recogerse más información en [www.lusto.fi](http://www.lusto.fi)

<sup>88</sup> Peter H. Raven et. al., op. cit., pág. 154.

radial se ven alineados y en la tangencial va a depender de cuestiones como curvatura, además del tamaño de los mismos y su alineación.

Los anillos son fruto, cada uno de ellos, de una estación vegetativa, que se produce anualmente.<sup>89</sup>

El hecho de que sean visibles ayuda a la orientación de la pieza.

Se diferencian las células del comienzo de la estación vegetativa (primavera) de los del final (verano) en que aquellas son más anchas y sus paredes más delgadas y flexibles cuya función es conductora, tanto en cuanto que las de verano son más pequeñas y sus paredes más gruesas, pues su función es dar solidez a la planta.

Estas diferencias son apreciables por el cambio de color en los anillos, sobre todo en las coníferas y por «la agrupación o distribución de los vasos o parénquima terminal del anillo, que también produce una desigual porosidad dentro del mismo, aunque siempre existe una cierta diferencia de color, entre la madera de primavera y verano».<sup>90</sup>

El anillo anual consta, pues, de dos zonas, una clara y blanda (llamada madera húmeda, madera temprana o de primavera) y otra más oscura, compacta y fina (madera seca, madera tardía o de verano), correspondientes al crecimiento vegetativo de la primavera y del verano, respectivamente.<sup>91</sup>

El leño formado en verano de aspecto más oscuro es el último en formarse en la estación vegetativa, por lo tanto, rodeará los tejidos formados durante la primavera. Pueden apreciarse tanto en la albura como en el duramen.

---

<sup>89</sup> Hablamos de las regiones templadas, en las que dicha estación abarca de abril a septiembre (finales de verano).

<sup>90</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 104.

<sup>91</sup> “(...) En las zonas tropicales húmedas, donde el crecimiento es continuo, no son tan distinguibles los anillos anuales; y en las regiones donde hay más de una estación vegetativa por año, los anillos no se corresponden con los años” (Peter H. Raven et. al., op. cit., pág. 154). Esa es la razón por la que no deben aplicarse a los anillos el calificativo de “anuales”, debemos denominarlos “de crecimiento”. Hay que comentar que algunas especies tropicales, según Kraemer Koeller, presentan anillos similares a los de crecimiento pero que son originados por variaciones climáticas y no permiten calcular la edad del árbol (Kraemer Koeller, op. cit., pág. 16).

Pueden ser perfectamente visibles como en el pino Melis, pino insigne, roble, nogal, etc. o muy poco evidentes como ocurre con el álamo o el laurel.

La cantidad de leño producida difiere notablemente entre las distintas especies y depende de muchos factores: luz, humedad, temperatura, edad del árbol, etc. También depende del espaciamiento entre los individuos, pues entre ellos se establece competencia en el crecimiento.

La anchura de los anillos va a variar en función de la especie y condiciones de crecimiento: desde una fracción de milímetro hasta algunos centímetros y, según Kollmann dependen de varios factores:<sup>92</sup>

- Duración del período vegetativo.
- Temperatura y humedad.
- Calidad del suelo.
- Insolación.

Es muy importante el grosor de los anillos pues la madera es mucho más valiosa si los anillos son compactos, ya que de esta manera su calidad excepcional puede satisfacer todos los esfuerzos resistentes exigidos.<sup>93</sup> Esto se comprende porque generalmente la madera de verano tiene unas propiedades físicas y mecánicas superiores a la de primavera; del orden de 2 o 3 veces superior.

Su grosor suele oscilar entre 2 y 7 mm. «Cuando el espesor es el mínimo en las coníferas, es síntoma de calidad, pero si ocurre en las frondosas significa todo lo contrario»<sup>94</sup>

	Calidad, para espesor de anillo, de mm.		
	1ª	2ª	3ª
Coníferas	2,0	3,0	3,5
Frondosas	7,0	4,0	3,5

<sup>92</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 3.

<sup>93</sup> La madera con menos de seis anillos por pulgada se consideraba demasiado blanda para poder ser utilizada en la construcción de estructuras.

<sup>94</sup> Antonio Camuñas Y Paredes, *Materiales de construcción*, tomos I y II, 9ª edición, Editorial Latina, S.A., Madrid, 1981, págs. 218-219.

Si los anillos son poco visibles y su dureza es regular, se dice que la especie es homogénea (haya, tilo). Si por el contrario existe gran diferencia de dureza entre los anillos de primavera y verano, se dice que es heterogénea (abeto).<sup>95</sup>

Otro término muy usado es el de **grano**, para destacar si una madera lo tiene fino o basto. Se puede definir por la relación de los diámetros de los elementos longitudinales que la componen:

El diámetro relativo de los elementos permiten señalar el grano. En las frondosas se refiere primordialmente al de los vasos, mientras en las coníferas afecta al de las traqueidas. Clasificándose por esta razón las maderas como grano fino o basto.<sup>96</sup>

Las maderas duras de grano abierto: roble, abedul, nogal, caoba, cerezo, olmo y castaño.

Las maderas blandas de grano cerrado: arce, pino, abeto, cedro, chopo, haya, tilo y álamo.

Que el grano de la madera sea basto o fino va a depender del tamaño de esas traqueidas y vasos.

En La madera de grano basto esos diámetros son grandes y se aprecian a simple vista: chopo. Pero cuando son muy pequeños y no visibles a simple vista, entonces se denominan de grano fino, como el boj, por ejemplo.

**Textura** suele utilizarse para hablar de características superficiales de los objetos, aquí, referido a la madera es un término que expresa la relación del espesor de la capa formada en verano con el total del crecimiento del anillo anual. La textura se expresa en %<sup>97</sup>.

Como en las resinosas el espesor del anillo correspondiente a la madera de otoño es prácticamente constante, resulta que

---

<sup>95</sup> Philippe Bierling, *El trabajo en madera. Carpintería básica*, Susaeta ediciones, S.A., Madrid, 1994, págs. 3-4.

<sup>96</sup> Poza Lleida, op. Cit., pág. 33.

<sup>97</sup> “(...) Es decir que si el espesor del anillo anual es de 12 mm. y el que corresponde a la zona de otoño es de 4 mm, la textura tendrá un valor de 33%” (Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 34).

cuanto más grande sea el crecimiento anual de las especies de este grupo, menor será su grado de textura; la madera, en las resinosas de crecimiento rápido, será, por consiguiente, ligera, blanda, poco resistente y muy heterogénea.

En las frondosas, en general, el proceso es inverso, como el anillo correspondiente de primavera permanece casi constante, el aumento en el crecimiento tiene lugar a base de la madera de otoño y, por consiguiente, las especies de crecimiento rápido de este grupo tienen un grado de textura grande; su madera será más pesada, más dura, más homogénea y más fácil de trabajar<sup>98</sup>.

En la terminología industrial, los términos textura “fina” o “suave” se refieren a madera o chapa producida por árboles viejos o de crecimiento lento:

En la mayoría de las especies de árboles de hojas caducas, el crecimiento lento significa una madera más suave y más ligera. Los árboles de crecimiento más acelerado generalmente tienen una textura menos fina y producen una madera más fuerte, más pesada y más dura, con el grano más distintivo y contrastante.

En pruebas conducidas por el United States Forest Products Laboratory (United States Department of Agriculture), se ha comprobado que la mayoría de la madera y la chapa producida hoy día es más pesada y más dura que la que proviene de árboles más antiguos. Los estudios muestran que la madera de roble blanco de segunda cosecha (second-growth) tiene una gravedad específica [densidad] mayor y es un 15% más dura que la madera del roble blanco más antiguo.<sup>99</sup>

Si cada anillo representa un año de vida del árbol,<sup>100</sup> una sección transversal del tronco nos daría una idea de la edad del árbol. Este fenómeno fue descubierto ya por Leonardo da Vinci, fruto de su observación de la naturaleza.

Este corte o sección tendría que darse en la base del tronco principal pues el árbol va estrechándose hacia la copa, adquiriendo, generalmente, un aspecto más o menos troncocónico.<sup>101</sup>

Además de la edad del individuo, la observación de estos anillos puede dar valiosa información sobre la vida del árbol y de la zona en que vivió: si

---

<sup>98</sup> Idem., pág. 34.

<sup>99</sup> “Maderas de frondosas de los Estados Unidos”, American Hardwood Export Council y USDA Foreign Agricultural Service, Spanish (Rev. 8/89), USA, 1989, pág. 2.

<sup>100</sup> Volvemos a referirnos a las regiones templadas.

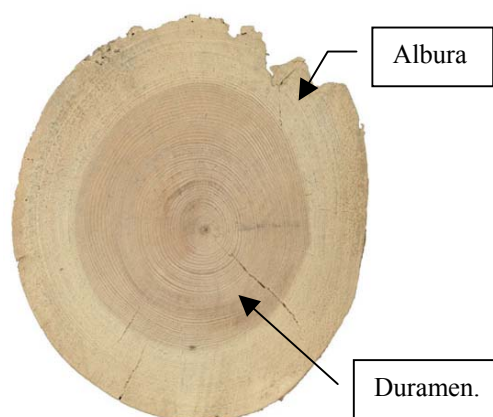
<sup>101</sup> Si esta conicidad fuera muy pronunciada se consideraría como defecto.



hubo sequía o exceso de lluvia, año en que se apeó el árbol, etc. Todo esto lo estudia la **Dendrocronología**<sup>102</sup>, ciencia muy importante en la datación de obras de arte: escultura, arquitectura en madera, bastidores y soportes de madera, etc. Podemos decir, pues, que esta ciencia estudia las “cajas negras de los árboles”.

Para no tener que derribar el árbol, se utiliza el *barreno de incremento*.<sup>103</sup>

Actualmente se está desarrollando un sistema para obtener información puntual de los árboles de nuestras ciudades, insertando un microchip, denominado *Transponder*<sup>104</sup>, de reducidas dimensiones<sup>105</sup>, en un pequeño taladro practicado en el árbol del que queramos obtener la información. A este sistema de identificación se le denomina Trovanä y es de EID Ibérica. Esta experiencia se lleva a cabo en Londres, París y ahora hay una experiencia piloto en Aranjuez, sobre 700 plátanos, de los Jardines del Príncipe. Existen otros instrumentos, como el resistógrafo<sup>106</sup>, para obtener información de árboles vivos, por medio de pequeñas perforaciones (3 mm de ø).



<sup>102</sup> Pueden consultarse los artículos de Klaus Richter y Eduardo Rodríguez Trabajo, “Dendrocronología en España”, *Montes*, nº 5, Mayo, 1985, Montes, Madrid, págs. 12-20 y, de los mismos autores, “Datación de edificios históricos mediante la Dendrocronología”, en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, Madrid, marzo, 1985, edita Mº de Cultura, págs. 101-110. También se puede consultar, de este último autor, Eduardo Rodríguez Trabajo, el artículo: “La dendrocronología y el carbono 14 en la datación de bienes culturales”, *Aitim*, nº 188, Julio y Agosto, 1997, Aitim, Madrid, págs. 52-57.

<sup>103</sup> “Este barreno tiene una parte hueca que corta un corazón o núcleo de madera, en el que se pueden contar los anillos. El agujero que este hace, no daña seriamente el árbol” (Wilfred W. Robbins et. al., op. cit., pág. 120). También se utilizan barrenos Pressler (5 mm de diámetro) para árboles en pie.

<sup>104</sup> Suponemos que recibe el nombre del aparato que llevan los aviones, el *transpondedor*, que sirve para localizarlos en caso de pérdida. Este *Transponder* es un instrumento electrónico de identificación de EID Ibérica, empresa que lo utiliza para identificaciones en árboles y derivados de la madera. Este microchip lleva un código que es identificado a distancia con un *lector* (“Identificación electrónica de árboles”, *Aitim*, nº 205, mayo-junio, 2000, Aitim, Madrid, págs. 53-54.)

<sup>105</sup> El tipo ID 100 tiene unas dimensiones de 1,5 x 2,2 mm).

<sup>106</sup> Para más información de este y otros instrumentos de medición vid. “Equipos para la valoración del estado interno de la madera”, *Aitim*, nº 191, Enero-Febrero, 1998, Aitim, Madrid, pág. 64.

- **Estructura leñosa.**

Recibe frecuentemente otros nombres como: **Xilema. Leño. Tejido leñoso propiamente dicho. Hadroma. (Región traqueal).**

Ocupa la mayor parte del árbol. En ella es donde pueden observarse los anillos de crecimiento. Según la edad y actividad desarrollada constituirán la albura o el duramen.

Cada capa generada por el cambium vascular se deposita encima de la anterior formando, en el caso de los árboles y arbustos, la madera<sup>107</sup>.

Sus células más representativas son las tráqueas y las traqueidas (ambas son células muertas). Sus paredes celulares tienen gran espesor y presentan cierta rigidez. Ambos tipos de células son las encargadas del transporte de agua.

Otro tipo de célula que encontramos es el parénquima conductor (células de paredes delgadas).

- **Albura.**

Otros términos con los que se la conoce: **Sámago. Hualle.**<sup>108</sup>

Zona externa o periférica de la estructura leñosa que tiene los vasos más jóvenes, de textura blanda. Es más porosa.

De aspecto claro blanquecino; de ahí tomo el nombre de albura.<sup>109</sup> Siempre conserva ese color pálido y no es usual que lleve coloraciones fuertes. Hay, no obstante, excepciones como la albura de la madera del agracejo que tiene un color amarillo limón.

Junto con el cambium es la parte activa del tronco. Ella es la encargada del transporte de la savia bruta y el agua y almacena sustancias nutritivas

---

<sup>107</sup> “[El grosor del tallo] varía considerablemente, a veces es muy fino y filiforme, como en las gramíneas, otras veces tiene un grosor muy grande, como en los árboles. (...) El tocón *del Castaño de los Cien Caballos*, del Etna, tenía hace años cerca de 18 m de diámetro y los baobabs, del Senegal, y las Sequoia, de América del Norte, son bien conocidos por el enorme grosor de su tronco” (Pius Font i Quer, op. cit., pág. 57)

<sup>108</sup> Denominación que se le da en Chile.

<sup>109</sup> Del latín *albura*, blancura perfecta. También se llama así a la clara de huevo.

como los hidratos de carbono, por esta razón es más susceptible el ataque de hongos e insectos xilófagos, sobre todo cuando está húmeda.

Puede ser visible o no visible según las especies. «Para algunas especies la albura es poco o nada visible y se usa como madera propiamente dicha (Ej.: abeto del norte, haya). En otras especies la albura es bien visible y se utiliza (Ej.: pino, nogal)». <sup>110</sup> En el p. *Radiata*, 90% de albura, en el pino gallego, el 44% y en el castaño el 70%. <sup>111</sup>

Otras especies de marcado contraste son el pino Oregón, el alerce y el raulí (de Chile). Otros, en los que no se nota ninguna diferencia entre albura y duramen son: álamo, laurel, etc.

Lo adecuado sería eliminarla de tableros, listones, etc., pero desgraciadamente está presente más de lo que sería aconsejable. La utilización de albura para la construcción de soportes, refuerzos, muebles, etc. estaba prohibida en la antigüedad y era multada severamente. <sup>112</sup>

Hay especies en las que la albura se aprovecha perfectamente igual que el duramen. Esto suele suceder con las coníferas.

Suele estar formada por células vivas más dilatadas por el contenido de savia, por eso su madera es más blanda.

Suele tener mucho espesor en árboles jóvenes y contener muchos anillos de crecimiento.

Suele ser más fácil de tratar (procesos de impregnación, por ej.) y su desintegración para la consecución de fibras (para papel, tableros, etc.) es más fácil:

Generalmente es más fácil de impregnar la albura que el duramen, con preservativos tales como cerosota, sulfato de cobre o sales arsenicales, y si se impregna de este modo, la

---

<sup>110</sup> Philippe Bierling, op. cit., pág. 4.

<sup>111</sup> J. I. Fdez.-Golfín Seco et. al., “caracterización de la madera de especies de crecimiento rápido”, *Montes*, nº 4, 2º Trimestre de 1995, Montes, Madrid, pág. 15.

<sup>112</sup> Manuel Prieto Prieto, *Los antiguos soportes de madera. Fuentes de conocimiento para el restaurador*, (Tesis Doctoral), ed. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1988., pág 158.

albura llega a ser más resistente a la pudrición que el duramen no tratado.<sup>113</sup>

Entre la albura y el duramen existe una zona de madera que no es fácilmente distinguible y que se denomina *Madera de transición*. Su durabilidad es intermedia entre la de la albura y el duramen. Hay especies en las que sí se distingue claramente como *Lophira alata*.<sup>114</sup>

#### - **Duramen.**

A menudo denominado **Madera perfecta. Cerne. Núcleo. Pellin**.<sup>115</sup>

Madera más próxima a la médula y que la rodea completamente. Es la madera más vieja y dura. Suele tener una coloración más oscura que la de la albura, al ser desplazada de la zona de crecimiento, ya que acaba muriendo. Suele deberse a diferentes sustancias que lo colorean, especialmente en las especies tropicales, pero el color más habitual es el pardo, pero la acción del aire y la luz pueden volverlos rojos, negros, etc.



Se produce por lignificación, oxidación y por la inclusión de resinas, gomas, ceras, etc.

Se produce por resinificación de la albura que, con el tiempo, acaba convirtiéndose en duramen, al no necesitar más los anillos más jóvenes:

La causa fisiológica de la formación del duramen consiste en que el árbol, a medida que va envejeciendo, sólo necesita los anillos anuales más externos para la conducción de savia y el suministro de las sustancias alimenticias, y por ello la madera interna va perdiendo su actividad vital.<sup>116</sup>

Por la resinificación (o duraminización) el duramen tiene más resistencia mecánica y dura más, porque es más imputrescible que la albura.

<sup>113</sup> C. W. Scott, "Nociones sobre formación, estructura, propiedades, manufactura y uso de la madera, con referencia especial de la edificación y mueblería", *Montes*, año X, n° 58, Julio-Agosto, 1954, Montes, Madrid, pág. 291.

<sup>114</sup> Norma UNE-EN 359-1:1995.

<sup>115</sup> Denominación que se le da en Chile.

<sup>116</sup> Kollmann *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, M° de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 15.

Tiene anillos más antiguos. Hace tiempo estos anillos fueron parte de la albura pero dejaron de realizar esas funciones y ahora se dedican a labores exclusivas de sustentación:

(...) dejan de cumplir esta misión quedando su labor reducida exclusivamente al sostenimiento mecánico, y ello, debido a que sufren una serie de transformaciones no sólo estructurales, como pueden ser la obstrucción de los vasos por membranas secundarias, sino también a otras de tipo químico, entre las que destacan la aparición en sus tejidos de cantidades importantes de taninos y resinas que les proporcionan una coloración más oscura, lo que permite distinguirlos fácilmente de la albura.<sup>117</sup>

Se mencionan las resinas, que no son solubles en agua, pero hay otra serie de sustancias penetrantes que sí lo son y que cuando se oxidan oscurecen la madera apareciendo el característico color oscuro del duramen: los taninos, hidratos de carbono, alcaloides, etc. Todos estos depósitos pueden aumentar también el peso, dureza, durabilidad y disminuyen su permeabilidad.<sup>118</sup>

Su misión es sostener al árbol. Suele ser material muerto pero sigue siendo estable y por eso lo sostiene.

El duramen no siempre se endurece por esa obstrucción que comentábamos, incluso hay algunas especies que ni siquiera lo presentan oscurecido; otras lo presentan claro y oscuro.<sup>119</sup> Las que no lo presentan más oscuro es porque su madera no da compuestos coloreados.

Denominación	Características	Especies (ejemplos)
Árboles de albura	No tienen duramen. Coloración más clara.	Abedul
Árboles de duramen	Tienen duramen y albura. Duramen oscuro.	Cerezo.
Árboles de duramen claro	Duramen endurecido pero sin colorear	Abeto rojo
Árboles de duramen claro y oscuro	Tiene albura, duramen claro y oscuro	Fresno

<sup>117</sup> Alejandro López Roma, “Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático”, en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. 1ª edición. Madrid, 1985. Edita: Mº de Cultura, dirección Gral. de BB.AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología. Trabajos presentados en la 5ª Ponencia de la Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, celebradas en Madrid en marzo de 1985, pág. 13.

<sup>118</sup> Wilfred W. Robbins, op. cit., pág. 121.

<sup>119</sup> Fritz Spannagel, *Tratado de ebanistería*, Editorial Gustavo Gili S.A., 3ª edición, Barcelona, 1975, págs. 12-13.

Las especies en las que el duramen está obstruido evita que la madera “trabaje” tanto como en las especies en las que no lo está o en tablas de albura.

Modificaciones anatómicas y químicas durante la formación del duramen:<sup>120</sup>

Modificaciones	Coníferas	Frondosas
Anatómicas	Las punteaduras areoladas se cierran por las resinas, bálsamos, etc.	Obstrucción de los vasos por células de relleno.
Químicas	Resinas y aceites penetran e impiden la hinchazón y reducen la merma.	Taninos y materias colorantes solubles en agua, carbonato y oxalato cálcico, ácido silícico, rellenan el duramen.
	Hidratos de carbono, alcaloides, taninos, etc., se oxidan y dan ese color oscuro	

- **Radio leñosos.**

Otras denominaciones: **Rayos leñosos. Rayos medulares. Radios medulares**<sup>121</sup>.

Son bandas de tejido en el que sus células se disponen radialmente, de esta manera su desarrollo es perpendicular a la médula y, con ello, a las demás fibras del árbol. Son observables atravesando varios anillos cuando los vemos en su sección transversal. En su sección radial aparecen como pequeños rectángulos y tangencialmente tienen aspecto de líneas cortas dispuestas verticalmente o con forma de husos.

Es el único tejido que tiene sus células con el eje de crecimiento horizontal, y *cuyo volumen no varía bajo la acción de los cambios de humedad*, hacen el papel de las llaves o piedras a tizón en las fabricas de sillería o mampostería, trabando horizontalmente el cuerpo del árbol formado exclusivamente por células verticales; los radios medulares contribuyen poderosamente a que el movimiento de la madera, cuando se despieza radialmente, sea mucho menor en este

<sup>120</sup> Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959., pág. 15.

<sup>121</sup> Si se utiliza para denominar a los radios de manera general, es del todo incorrecto, ya que sólo llegan a la médula los radios más jóvenes, es decir los que se produjeron en la madera más joven.

sentido que en el tangencial; cuando son altos y estrechos dan fibras o traqueidas rectas y facilitan la hienda de la madera.<sup>122</sup>

Tiene una estructura de tipo laminar.

Diferentes según especies.

Los hay medulares y secundarios.<sup>123</sup>

Función:

- Almacenar y difundir la savia elaborada (reservas) del exterior al interior del tronco, en sentido radial.
- Movilizan las reservas entregándolas a los vasos cuando es preciso. «En resumen: hacen el papel de intermediarios entre los dos sistemas conductores más importantes, que son: los tubos cribosos de la corteza y las tráqueas y traqueidas del leño».<sup>124</sup>
- Hacen que disminuya la deformación en sentido radial, pues sus fibras se entrelazan con las demás que van en sentido axial. Además son las únicas células que no varían de tamaño ante la humedad.

Problema: Este tejido es más blando que los demás:

Por ser un tejido poco resistente, constituyen las zonas de rotura a compresión de la madera, cuando se ejerce el esfuerzo paralelamente a las fibras.<sup>125</sup>

Dando un corte radial al tronco aparecen los radios leñosos con un dibujo característico e inconfundible que se denomina *espejuelo, mallado o mallas y aguas*.

Es importante en la identificación de especies y, junto con los anillos nos sirve para determinar la forma en que cada pieza ha sido cortada con relación a la corteza y a la médula, es decir, con ellos podemos averiguar la dirección del grano.

---

<sup>122</sup> Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 30.

<sup>123</sup> Estos últimos terminan antes de llegar a la médula.

<sup>124</sup> José Pérez Sáez, "Investigaciones sobre las causas que motivan la circulación de la savia elaborada", *Montes*, año XXXII, n° 1833, Madrid, 1976, Montes, Madrid, pág. 10.

<sup>125</sup> Arredondo, op. cit., pág. 886.

Suelen tener poca anchura y, a veces, es difícil apreciarlos:

(...) Los radios más estrechos aparecen en las secciones transversales de boj, *evonymus* (bonetero), aligustre y castaño de Indias (0,015 mm). En el *Acer pseudoplatanus* y *Prunus domestica* (0,05 mm). Es la dimensión mínima para ser vistos a simple vista. Muy acusados en el haya y robles.<sup>126</sup>

Tangencialmente se aprecia en forma de pequeños husos de color más oscuro. Característico, por ej., en el haya. Son apreciables a simple vista cuando su tamaño es superior a cinco centésimas.

También son observables con más facilidad en el roble, fresno, olmo, arce, avellano, ciruelillo, encina por ser oscuros; más dificultosamente en el aliso por ser más claros e invisibles en el abedul y las coníferas porque su color es parecido al de los tejidos circundantes.<sup>127</sup>

Como veremos son más evidentes en las frondosas que en las coníferas. En esta última son bastante difíciles de ver a simple vista.

- **Médula.**

Comúnmente conocida por: **Cordón medular. Núcleo. (Corazón).**

Tejido parenquimático ubicado en el centro del tallo.

Ocupa la parte central vertical del trono. Es el eje del árbol. Suele morir al formarse el duramen y sirve de alimento a la plantita al principio de su vida. Normalmente de sección circular, pero también los hay en forma de estrella (roble) o de polígono: cuadrada en el fresno, triangular en el olivo y pentagonal en el chopo.

Suele tener un grosor de 1 o 2 mm de ø.

*Diámetro* entre 1 y 2 mm en la mayoría de las especies. Valor límite superior: 15 mm en la madera de balsa (*Ochroma lagopus*), y 10 a 12 mm en el saúco (*Sambucus nigra*), palomero (*Musanga Smithii Br. R.*) y sappan (*Caesalpinea*

---

<sup>126</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 2.

<sup>127</sup> Antonio Camacho Altaya, *La madera y su entorno. Vocabularios español y francés ilustrados*, Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid 1988, pág. 105.



*Sappan*). En los enebros y alerces es tan pequeña que no se aprecia a simple vista.<sup>128</sup>

De poca importancia en el conjunto del árbol. Su tejido suele ser flojo y muy poroso. Formado por células macizas, compactas. Menos resistente que el duramen. A veces suele estar coloreado por distintas resinas.

Especies con la médula coloreada: pino común, pino Oregón, roble, nogal y alerce.

Especies con la médula sin colorear: abeto, pinabete, arce, abedul, haya, aliso, tilo, álamo.<sup>129</sup>

Hay quien distingue en el eje del árbol dos zonas diferenciadas: la médula y el corazón, definiendo a este como «(...) madera senil, muy dura, frecuentemente agrietada».<sup>130</sup>

Hay veces que desaparece, quedando un hueco en el eje del árbol:

(...) En otras esta parte deja de formarse y desaparece luego, de manera que el eje queda vacío, y el tallo es fistuloso, como ocurre en la mayoría de las gramíneas, que tienen caña.<sup>131</sup>

Normalmente suele ser una zona de debilitamiento, pues en todo su recorrido suelen formarse grietas.

---

<sup>128</sup> Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 2.

<sup>129</sup> Según Franz Kollmann, “Madera”, en *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971. pág. 107.

<sup>130</sup> Camuñas, op. cit., pág. 217.

<sup>131</sup> Pius Font i Quer, op. cit., pág. 61



Médula circular.



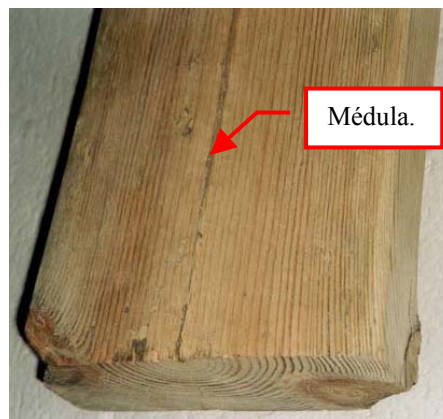
Médula hexagonal.



Médula hueca.



Médula pentagonal.



### 1.3.2.2 Estructura microscópica.

Por medio de ella, decíamos, también se identifican los distintos tipos de madera.

La madera está formada por distintas células, que realizan diferentes funciones. Dichas células tienen distintos tamaños y se agrupan de manera diferente según las especies. Estas y otras características ayudan a su identificación por medio del microscopio. Son útiles los microscopios de bolsillo de treinta aumentos (30x), pero para un estudio completo se necesitan mayores aumentos.<sup>132</sup>

Las agrupaciones que realizan las células pueden ser de dos tipos:

**ELEMENTOS LONGITUDINALES o VERTICALES:** Tienen su mayor dimensión dirigida en el mismo sentido que el eje del tronco.

**ELEMENTOS TRANSVERSALES u HORIZONTALES:** Constituidos por los que se alargan en dirección radial del árbol.<sup>133</sup>

Es decir, que una gran parte de células están orientadas en sentido longitudinal o axial, tanto en cuanto, otros, los radios leñosos, lo hacen de manera perpendicular a los anteriores

- **Elementos anatómicos (tipos de células).**

Existen distintos tipos de células, sistemas celulares o tejidos que cumplen funciones totalmente diferentes dentro de la estructura microscópica de la madera. Fundamentalmente se agrupan en dos tipos diferenciados:

***Tejidos Prosenquimatosos: Traqueidas<sup>134</sup>, fibras y vasos leñosos.***

Estas células son las encargadas de la conducción del agua. En las coníferas forman el 95% de la madera.

Tamaño: en las coníferas son mucho mayores que en las frondosas.

Son células alargadas (con sus paredes engrosadas) que siguen una dirección paralela al eje del árbol:

---

<sup>132</sup> Cuatro tipos de microscopios son los más habituales en estos estudios: el microscopio óptico de luz transmitida, el microscopio óptico de luz reflejada o epimicroscopio y los más modernos: microscopio electrónico de transmisión (TEM: Transmisión electron microscope) y el microscopio electrónico de barrido (SEM: Scanning electron microscope). El primero de todos ellos es el que más fácilmente puede estar a nuestro alcance. Con 1000 aumentos estaremos en disposición de poder hacer un buen trabajo.

<sup>133</sup> Fernando Nájera y Angulo. et al., *Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares*, Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1969, pág. 23.

<sup>134</sup> A las traqueidas también se les denomina *tráqueas*.

Están colocadas unas a continuación de otras constituyendo verdaderos canales. Estas células se aglutinan entre sí íntimamente, y en la madera de las coníferas constituyen un elemento que, a la vez, cumple las misiones de ser conductor de la savia y de sostén. No ocurre lo mismo en las frondosas: en éstas el tejido conductor es completamente independiente del de sostén<sup>135</sup>.

Ficha de una traqueida:<sup>136</sup>

Traqueidas	Longitud	Frondosas		Hasta 1,5 mm.
		Coníferas		Varios mm. (unos 3 mm la del abeto)
	Forma	Aspecto exterior		Alargada. Tubular. Célula cerrada
		Relación longitud/&		De 25 a 1000. Media de 100
	Tipos	Traqueidas de madera de primavera	Características	Pared delgada
				Gran cantidad interna o Lumen
				Hasta 200 punteaduras areolares
			Misión	Intercambio de líquidos
		Traqueidas de madera de verano	Características	Pared gruesa
				Lumen pequeño
				Pocas punteaduras
			Misión	Dar solidez al árbol

Unos elementos importantes presentes en las traqueidas son *las punteaduras areoladas*. Son pequeñas válvulas que permiten la comunicación entre las células. Se encuentran en las paredes, y las de una célula corresponden exactamente con las de la célula que está a su lado. Son importantísimas pues a través de ellas se difunde la savia, o las sustancias con las que pudiéramos impregnar las maderas.

Ficha de un vaso:<sup>137</sup>

Vasos	Longitud	De varios cms. hasta 3,5 m o todo el tronco.
	Forma	Tubular con paredes gruesas. Extremos perforados.
	Misión	Tubos conductores de savia.

<sup>135</sup> Arredondo, op. cit., págs. 889-890

<sup>136</sup> Según información de Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959., pág. 12.

<sup>137</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 12.

Los vasos son células de gran diámetro. Su presencia nos dice que la especie observada es una frondosa. En ellos, los extremos de las células se hayan perforados, sirviendo de comunicación entre ellos, pasando de esa manera, rápidamente la savia.

<b>FIBRAS</b>	Forma	Acicular
		Pared gruesa o fina según especies
	Características	“Su grosor es mayor que en las otras células y determina gran parte de las propiedades físicas de la madera” <sup>138</sup>

### ***Tejidos Parenquimatosos:*<sup>139</sup> *Células parenquimáticas.***

A este grupo pertenecen las células del parénquima axial y radial.

Células de parénquima	
Características	Muchas punteaduras
	Pared delgada
Forma	Alargadas. Cortas. Cúbicas.
Misión	Acumulación de sustancias de reserva: almidón, grasa, resina, taninos, etc., cuando el árbol está inactivo durante el invierno, y conducción de hidratos de carbono.

En las frondosas, realizan esta actividad junto con los radios leñosos.

### **1.3.2.3 Clasificación de las maderas en función de su estructura.**<sup>140</sup>

A niveles comerciales se establece una clasificación sencilla en función de su densidad o peso específico. Así la denominación que se les da, de duras y blandas no obedece a la dureza que puedan presentar, sino al origen botánico.<sup>141</sup>

<sup>138</sup> Hugh Johnson, La madera. Origen, Explotación y aplicaciones del más antiguo recurso natural, Editorial Blume, S. A., Barcelona, 1989, pág. 18

<sup>139</sup> También conocidas como células parenquimatosas. Deriva del griego *parégchyma* o *parenchima*, parénquima: *Sustancia de los órganos*. También se le denomina *tejido fundamental*.

<sup>140</sup> Por estructura nos referimos a la ordenación y distribución de las células que componen la madera.

<sup>141</sup> No se debe hablar de blanda o dura porque hay especies como la balsa, que es la madera más blanda que existe y que según esa clasificación se ubica como “madera dura” y otras como podría ser el tejo se considera como “blanda”.

La clasificación, quizá más extendida, es la de frondosas (maderas duras) o latifolias<sup>142</sup> y coníferas (maderas blandas), aunque hay quien incluye un tercer grupo que serían las *tropicales*. Nosotros vamos a considerar sólo esos dos primeros grupos.

- **Coníferas.**

Denominadas también: **Gimnospermas. Maderas resinosas. Maderas blandas. Maderas sin vasos.**

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE 56501:1994. *Nomenclatura de las principales maderas de coníferas españolas.*
- UNE 56504:1973. *Nomenclatura de las principales maderas comerciales extranjeras de coníferas.*
- UNE 56601: 1999. *Terminología general de la explotación de las resinas. Sistema Hugues. Términos de monte.*

Características:

- Son las especies más antiguas pues proceden de la Era Primaria «propias de las zonas frías y templada, y que por esta razón escasean en el hemisferio austral». <sup>143</sup>
- De hoja perenne (no la pierden en invierno).
- Suelen ser resinosas.
- Sus hojas tienen forma de aguja. (aciculares)
- Sus frutos son conos.
- Excelentes propiedades mecánicas que las hacen idóneas en las construcciones.
- Al surgir más tempranamente que las frondosas su estructura es más sencilla y homogénea debido, según Kollmann, a la «necesidad de agua,

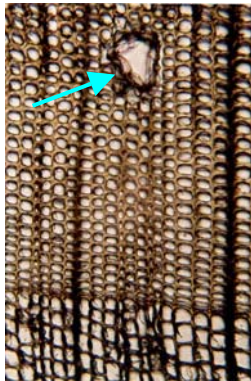
---

<sup>142</sup> Latifolia viene del latín *latifolius*; de *latus*, ancho, y *folium*, hoja, es decir, que tiene la hoja ancha.

<sup>143</sup> *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, págs. 25-28.

menor y más uniforme» que tienen en relación con las frondosas<sup>144</sup>. No poseen pues células especializadas.

- Más ligeras y blandas.
- De crecimiento rápido.



Pino Valsain.  
Sección  
transversal. X 100.  
Pueden verse las  
traqueidas. De la  
madera tardía y  
temprana. En la  
parte superior  
central puede  
verse un canal  
resinífero.



Madera de transición pino Oregón.  
Transv. x 100.

- No tienen vasos (poros en la sección transversal), por eso se las denomina maderas no porosas. Su aspecto en dicha sección es más uniforme que en las latifolias, aunque, a veces, el término “poroso” se utilice para evidenciar otras propiedades:

Las coníferas son en general más porosas que las frondosas, con los poros más o menos uniformemente dispuestos, presentando en ocasiones zonas más absorbentes, en las que los laques de colores producen concentraciones de pigmentos que intensifican el tono del colorido (“rechupados”). La porosidad en las maderas frondosas es por el contrario extremadamente variada, tanto por tamaño de poros como por su frecuencia, razón por la que la superficie requiere un cuidado especial.<sup>145</sup>

- Afirmaciones como esta de que las coníferas son más porosas que las frondosas puede inducir a error, creemos que puede referirse a la disposición de las traqueidas, es decir, que las coníferas tengan los poros (las traqueidas) más uniformemente repartidos y de parecido

<sup>144</sup> Franz Kollmann, , *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 21.

<sup>145</sup> Joaquín Martín Diéguez, *Acabado de la madera. Duración al exterior y temperatura de transición vítrea*, *Aitim*, nº 186, Marzo-Abril, 1997, Aitim, Madrid, pág. 62.

tamaño, ya que a las frondosas es a las que se les denomina de manera genérica porosas.

- A pesar de tener una estructura homogénea poseen una madera más compacta que es la madera de otoño, y otra menos compacta, o madera de primavera, de lúmenes más grandes.
- Son alrededor de 400 las especies que se comercializan.

#### Sus células:

- Presentan células largas de aspecto fusiforme con paredes gruesas, que dan rigidez al tronco: son las traqueidas. Todas estas estructuras de dirección axial, como ya dijimos, están conectadas entre sí por muchísimas punteaduras areolares o areoladas<sup>146</sup>. En las frondosas no existen punteaduras con “torus”. Los extremos de estas células no están perforados.
- Tamaño: de 1 a 3 mm de longitud.
- Función: Dar rigidez al tronco (sostén), conducir el agua y el alimento.
- Son el equivalente de las fibras y vasos de las frondosas.
- Constituyen del 90 al 95% de la madera.<sup>147</sup>
- Algunas tienen engrosamientos en las paredes celulares. La madera tardía tiene las paredes engrosadas.

---

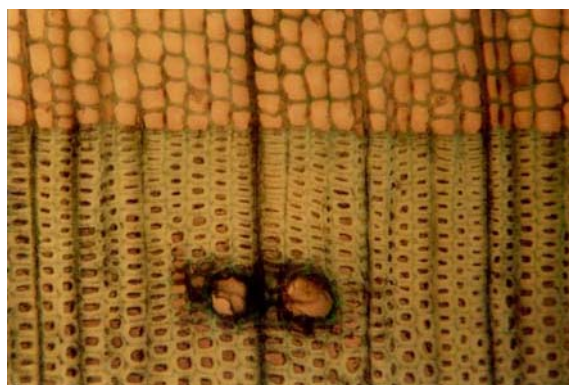
<sup>146</sup> Estas punteaduras son comunicaciones entre células, que se engrosan y en su parte central presentan una membrana denominada “torus”, que es de vital importancia: “[...] y su función en la madera es regular el paso del agua para evitar un embolismo mientras sus células son funcionales. Una vez que esa fracción de madera deja de funcionar y comienza el proceso de formación del duramen los toros de las punteaduras se adhieren a la abertura obstruyéndola y por tanto, impidiendo el paso de los líquidos, razón por la cual, durante los procesos tecnológicos de preservación de la madera, se hace tan difícil preservar el duramen de las coníferas,” (Carreras Rivery, Raquel, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997, pág 14).

<sup>147</sup> Idem, pág 16.



CÉLULAS de las Gimnospermas (Coníferas)		
Soporte	Conducción	Almacenamiento
Traqueidas de paredes gruesas	Traqueidas de paredes finas	Células Parenquimáticas <sup>148</sup>
	Radios medulares	
	Canales resiníferos	

- Canales resiníferos o resinosos<sup>149</sup>: son elementos secretores de resinas, bálsamos, etc. Pueden ser axiales y/o radiales. No son una única célula, se trata de espacios comprendidos entre células alargadas que al unirse en forma circular forman los canales, por eso se ven rodeados de células epiteliales o secretoras, del parénquima secretor, que son las que segregan la resina hacia su interior. Esto es importantísimo ya que forman entre sí una red de comunicación que facilita la extracción de resina, al realizar una incisión en su corteza, de estas especies.<sup>150</sup>
- Suelen tenerlos los pinos, siendo muy importantes en algunas especies por la gran cantidad de resina que exudan: Yellow Pine (Pinus Ponderosa) de Norteamérica, por ejemplo. No existen en todas las coníferas y por ello sirven para identificar un grupo de ellas: especies



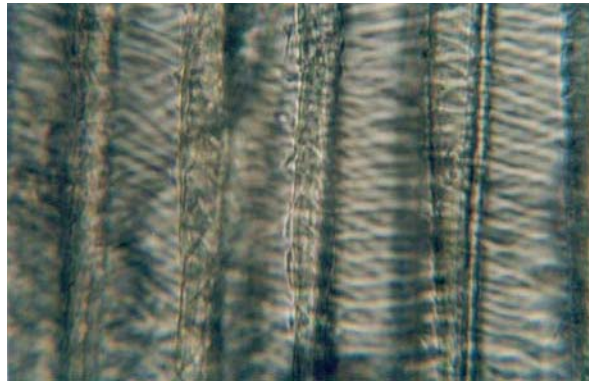
Picea. Canales resiníferos en madera tardía.  
Sección transversal. x 100.

<sup>148</sup> Aquí el parénquima sólo reviste las paredes de los canales resiníferos verticales.

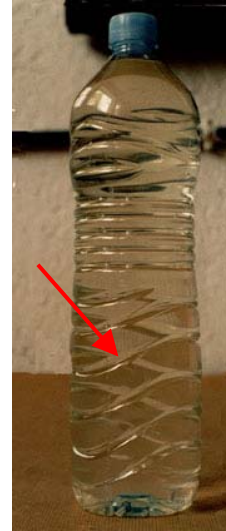
<sup>149</sup> Según la norma UNE 56601: 1999. *Terminología general de la explotación de las resinas. Sistema Hugues. Términos de monte*, también se le denomina “canal resinífero fisiológico” o “canal resinífero normal”, para diferenciarlo del denominado “traumático” o “patológico” que se produce como consecuencia de la “pica” (heridas que durante la recogida de la miera se le hacen al pino). Según Raquel Carreras “(...) los primeros se presentan generalmente en la zona de otoño mientras que los segundos en la de primavera” (Carreras Rivery, Raquel, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997, pág 18).

<sup>150</sup> Idem, pág 14).

que no los tienen son el cedro, abeto y ciprés<sup>151</sup>. La secuoya y el enebro no tienen tampoco canales de resina pero tienen unas pocas células de parénquima cerca de la madera tardía, que contienen resina. Son células de reserva. El tejo tiene muchos engrosamientos espiralados, por eso es reconocible. No tiene tampoco canales resiníferos.



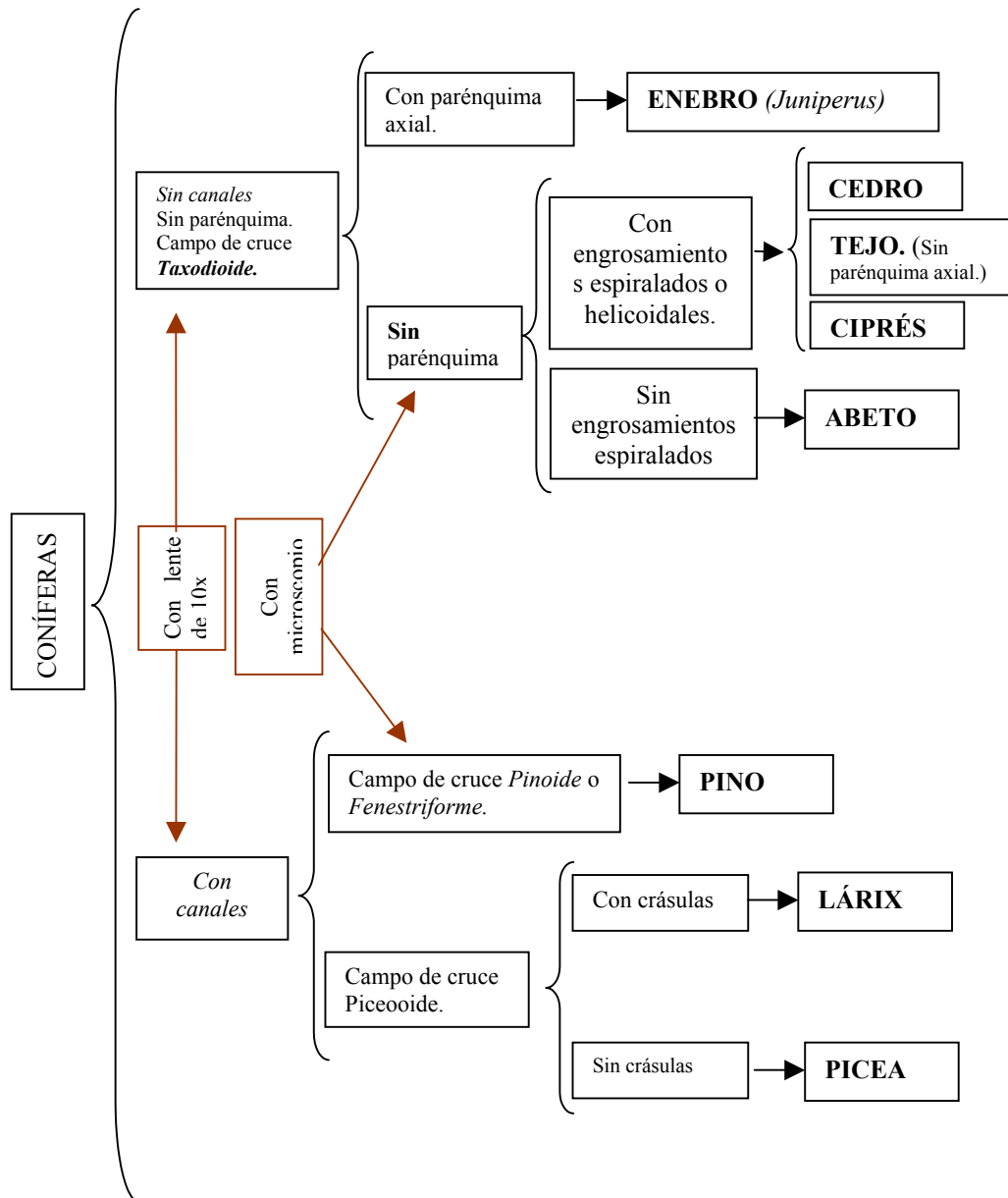
Engrosamientos en Pino Oregón. Sección radial x 400. Algo parecido a los engrosamientos espiralados se utiliza en los envases de plástico para el agua mineral.



- Los canales longitudinales y los transversales pueden conectarse entre sí. Las coníferas del género *Pinus* tienen (todas ellas) canales resiníferos axiales y radiales.

---

<sup>151</sup> “La civilización ha convertido a los cipreses en inamovibles empleados de telégrafos”, “Los cipreses son como pendones quietos de una procesión que se hubiese congregado detrás de una tapia”, “En los cipreses retoñan los palos de los navíos naufragos”, “Los cipreses son árboles genealógicos anónimos”, “A la procesión de cipreses sólo le faltan los cirios”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, págs. 90, 145, 174, 245 y 275).



**Radios leñosos:** su misión es la distribución transversal de fluidos y dar cohesión a las células verticales. Son muy pequeños. Invisibles a simple vista. Formados fundamentalmente por células de parénquima radial<sup>152</sup>, pero

<sup>152</sup> De paredes paralelas entre sí, con punteaduras simples. Las punteaduras que comunican estas células con las traqueidas verticales originan una intersección denominada *Campos de cruce*, que vistas al microscopio sirven para determinar el grupo de coníferas a las que pertenece la especie estudiada. Dichos campos se denominan: Fenestriforme o de ventana, Pinoide, Piceoide, Cupresioide y taxodioide.

también pueden estarlo por traqueidas radiales<sup>153</sup> y células epiteliales por lo que pueden contener canales resiníferos. Por lo general son uniseriados, aparecen como líneas o husos en la sección tangencial y en la radial como bandas, pero los que tienen canales resiníferos no son uniseriados.

- **Parénquima:** En la sección transversal aparece como células rectangulares de color más oscuro. En la longitudinal las paredes superior e inferior son horizontales (así no se confunden con las traqueidas). Las células de reserva del parénquima de reserva se encuentran en los radios medulares de paredes finas.

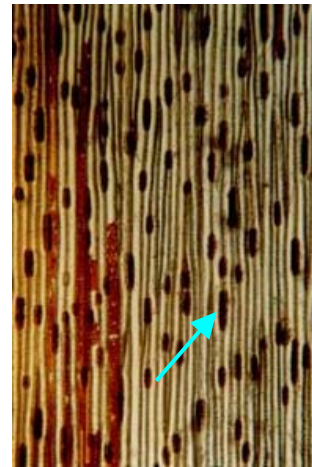
Las punteaduras, los radios y los canales de resinas solo pueden verse con microscopio.

Los anillos: Claramente diferenciados.

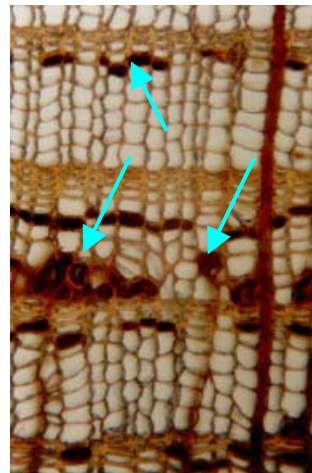
Veteado en el aserrado:

- Tangencial: forma aguas (arcos de hipérbola).
- Radial: veteado uniforme de líneas paralelas.

Puede consultarse el esquema microscópico idealizado de las tres secciones, transversal, radial y tangencial de una madera conífera (resinosa). Esta madera está constituida, fundamentalmente, por células alargadas (fibras), conocidas con el nombre de traqueidas areoladas, cuya función es doble, sirviendo al mismo tiempo como tejidos de sostén y como sistema vascular (circulación de la savia).



Cedro. Sección tangencial. X 40. Pueden apreciarse los radios leñosos uniseriados y, a la izda., células coloreadas de parénquima.



Microfotografía correspondiente a la misma muestra de cedro que la imagen anterior. Muestra una sección transversal (x 100) en la que se aprecian perfectamente las células de parénquima.

<sup>153</sup> Al igual que las traqueidas verticales poseen punteaduras areoladas con torus.

Estas células, orientadas en sentido longitudinal, o sea, paralelamente al eje del árbol, tienen sus paredes celulares muy gruesas.<sup>154</sup>

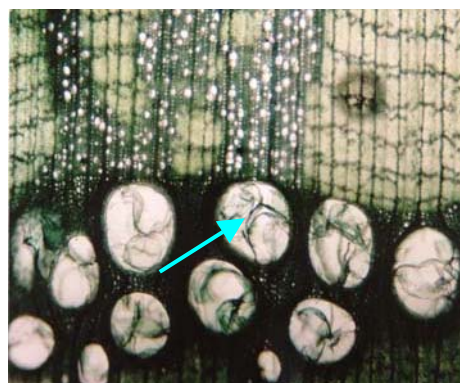
- **Frondosas.**

Otras denominaciones importantes: **Latifolias.** **Angiospermas dicotiledóneas.** **Maderas duras.** **Maderas con vasos.**<sup>155</sup>

Aconsejable la lectura de la norma:

UNE 56502:1972. *Nomenclatura de las principales maderas de frondosas españolas o aclimatadas en España.*

Su estructura está más desarrollada que en las coníferas y es, por tanto, más compleja. La evolución creó *elementos vasculares* o *vasos*, que se fueron especializando, unos en conducción y otros sólo en sostén.

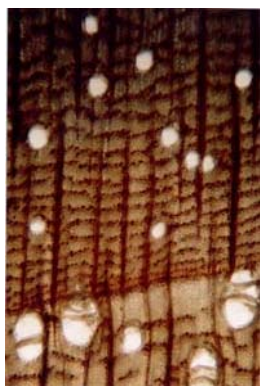


Roble. Sección transversal. X 40.  
Pueden apreciarse las tíldes en los grandes vasos.

Porosidad en las frondosas:<sup>156</sup>

El poro es visible en la sección

transversal de las frondosas<sup>157</sup>. Esta sección nos permite ver el corte producido, en esa sección, en los vasos conductores de agua y savia.



Nogal. Sección transversal. X 40.

Si se aprecian en la madera de primavera, la madera es semiporosa.



Abedul. Sección transversal. X 40.

Si se aprecia en todo el anillo

<sup>154</sup> Poza, op. cit., pág. 34.

<sup>155</sup> Para una información completísima de las frondosas españolas vid. Fernando Nájera y Angulo et. al., *Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, (IFIE), Madrid, 1969.

<sup>156</sup> Poro (Los poros son los vasos vistos en sección transversal) es la visibilidad de los canales y células de la madera (Philippe Bierling, op. cit., pág. 7). Se manifiesta en forma de pequeños agujeros.

<sup>157</sup> En frondosas como la Balsa la “luz” de sus fibras comprende el 95% del volumen total, ya que tiene un gran volumen de huecos, caso contrario al Akoga, en el que su volumen de huecos es sólo del 15%, siendo, por lo tanto, una especie de mucha densidad (Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 104).

de crecimiento, entonces se denomina: porosa.

Existen dos clases porosidad: Madera de anillos porosos y madera de poros difusos, aunque puede introducirse una tercera que son las semiporosas:

- Especies con *anillo poroso* o poros marcando anillos: (los poros marcan los anillos: anillo ancho-anillo estrecho- anillo ancho-anillo estrecho...) roble, olmo, castaño, fresno, robinia, etc. En ellas los vasos de primavera tienen mayor Ø que los de verano y se agrupan en una zona determinada.
- Especies de porosidad difusa: (Los poros no forman anillos) haya, abedul, álamo, etc.<sup>158</sup> En estas los Ø de los poros son iguales y están distribuidos de forma irregular en la madera.
- Especies semiporosas o semidifusas: nogal, cerezo, etc. En ellas se produce un crecimiento continuo de la primavera al verano, es decir, disminuye de forma uniforme.

Estos poros pueden distribuirse de distintas maneras en el anillo de crecimiento. Esta es una de las primeras observaciones que se realizan a la hora de identificar una especie:

- Pueden aparecer en solitario, presentando normalmente formas ovaladas. Se les denomina *Poros solitarios*.
- Si se agrupan dos o más vasos se les denomina *Poros múltiples*. O agrupados. Normalmente orientados en dirección de los radios pero también pueden aparecer tangentes a éstos.

---

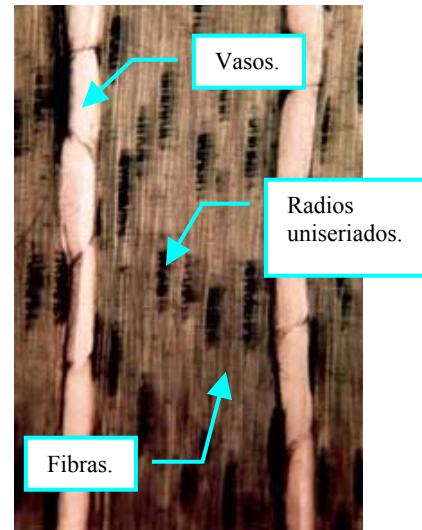
<sup>158</sup> Eduardo Rodríguez Trabajo, et. al., “Datación de edificios históricos mediante la dendrocronología” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. 1ª edición. Madrid, 1985. Edita: Mº de Cultura, dirección Gral. de BB.AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología. Trabajos presentados en la 5ª Ponencia de la Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, celebradas en Madrid en marzo de 1985, pág. 102. Para completar información vid. Fernando Nájera y Angulo, et al., *Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, (IFIE), Madrid, 1969, págs. 34-37.



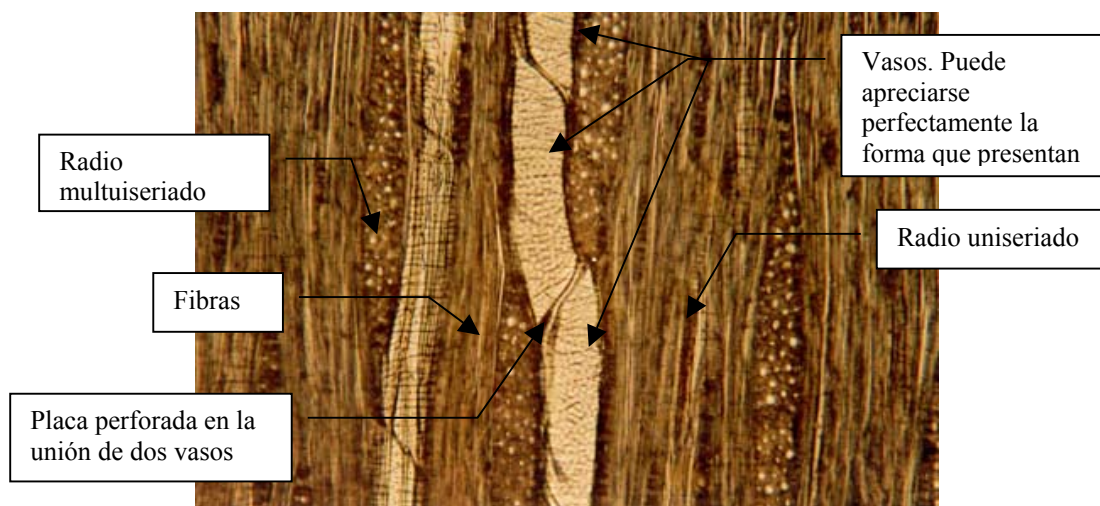
- Por último están los *Poros en conglomerados*, cuando los vasos se organizan formando grupos de varias células.

#### Características:

- No son resinosas. Algunas de sus especies exudan gomas de interés comercial.
- Proceden de árboles de hoja ancha, de ahí el nombre de latifolias. Pueden ser especies caducifolias o perennifolias.
- Son más densas y fuertes que las coníferas.
- Crecimiento lento con anillos muy juntos, que a veces son inapreciables, sobre todo en las especies tropicales.
- Amplia gama tonal.
- Son propios de regiones templadas y tropicales.



Okume. Sección tangencial.  
X 40.



Estructuras importantes en una muestra de Cerezo. Sección tangencial.  
X 100.

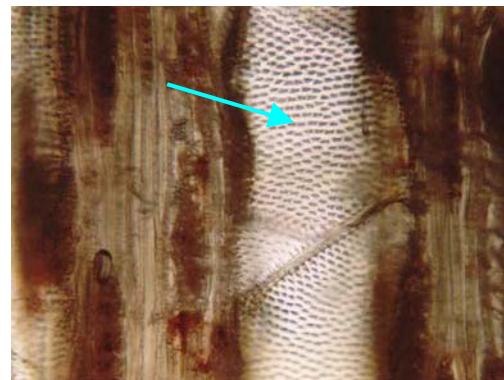
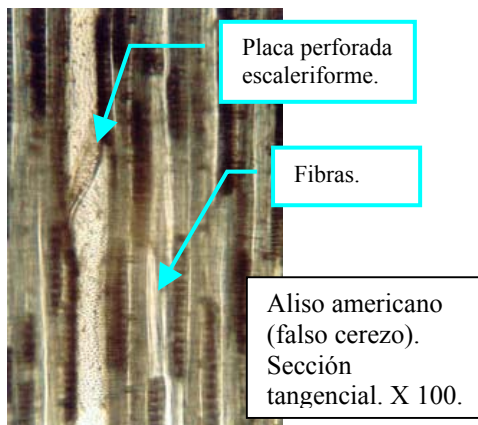
- Aparecidas al final de la Era Secundaria.
- Se han extendido por todo el globo con mas de 172.000 especies.

- Al ser más compleja su estructura se dan muchas diferencias entre especies, y la componen más tipos de células que en las coníferas.

Sus células: Como su estructura es más compleja tiene más tipos de células que las coníferas, además de ser células especializadas:

- Las fibras: tienen por misión asegurar la rigidez<sup>159</sup>. Forma fusiforme y con punteaduras casi imperceptibles o sin ellas. Sus extremos están muy aguzados. Dos veces más cortas que las traqueidas (de 0,5 a 1,5 mm). De diámetro inferior a las células de parénquima. Son de varios tipos: libriformes<sup>160</sup>, traqueidas vasicéntricas, fibrotraqueidas<sup>161</sup> y traqueidas vasculares<sup>162</sup>.

Vistas en sección transversal ofrecen formas variadas: circulares, ovales y poligonales.



- Los vasos: Al tener sus tejidos diferenciados, los vasos anchos sirven para conducir y distribuir rápidamente los fluidos: vasos anchos en la primavera y estrechos en el otoño. Reciben este nombre los elementos vasculares vistos en la sección tangencial.

<sup>159</sup> Podemos decir que son traqueidas especializadas que tiene la pared muy engrosada que apenas realizan funciones de transporte y que, realmente, sirven para aumentar la resistencia mecánica del xilema.

<sup>160</sup> No tienen casi punteaduras areoladas. Su función es la de sostén. Son más cortas y sus terminaciones son más puntiagudas.

<sup>161</sup> No son muy activas. De aspecto parecido a las traqueidas. Están más cerca de las traqueidas que de los vasos.

<sup>162</sup> Entre las traqueidas y los vasos. Están más cerca de los vasos que de las traqueidas. Suelen aparecer en los robles, alrededor de los vasos.



Según las especies, así tendrán mayor o menor diámetro y habrá mayor o menor cantidad de los mismos.

En sus paredes tienen *punteaduras intervasculares* para comunicarse con las células vecinas. Pueden ser de varios tipos: punteaduras alternas, escaleriformes y opuestas. Los extremos de dichas células presentan perforaciones<sup>163</sup> (*placas perforadas*) que permiten el paso de la savia bruta y de esta manera la comunicación entre vasos. Dichas perforaciones ayudan a la identificación de las especies ya que existen varios tipos comunes a familias y géneros: perforación simple, escaleriforme y foraminada o cribosa.<sup>164</sup>

- Radios leñosos: Son más complejos y variables en anchura y altura que las resinosas. Tienen la misma misión que en las coníferas. De grandes dimensiones en algunas especies. Constituidas por células de parénquima, como veremos a continuación.

Producen en la madera superficies de menor resistencia que facilitan la formación de grietas y son la causa de la baja resistencia a la tracción en sentido perpendicular a la fibra y de la formación de fendas en la desecación.<sup>165</sup>

Pueden ser uniseriados, multiseriados (radio tipo *Quercus*) o *radios de dos tallas diferentes*.

- Células de parénquima: Constituye el tejido de reserva. Almacena sustancias nutritivas durante el invierno, que al llegar la primavera se redisuelven y pasan a las yemas. Se agrupan alrededor de vasos y radios leñosos. No es tan grande como un vaso, ni tan pequeño como una fibra y, además, no tiene las paredes engrosadas.

Existen dos tipos: axial y radial.

---

<sup>163</sup> Los elementos vasculares o vasos son traqueidas especializadas cuyas paredes terminales están atravesadas por uno o varios poros (placas perforadas); Cuando se agrupan verticalmente una serie de elementos vasculares forman un tubo denominado vaso.

<sup>164</sup> Para más información vid. Carreras Rivero, Raquel, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997, págs 20-21.

<sup>165</sup> Kollmann, op. cit. pág. 21

Su presencia en la sección transversal y en la radial ayuda a la identificación de las especies.

El *parénquima axial* es más abundante y puede formar series. Son células de reserva. Una de las clasificaciones más importantes se basa en su disposición en relación con los poros: si tocan o no a éstos y como se agrupan a su alrededor.<sup>166</sup>

El *parénquima radial*: formado por las únicas células con orientación transversal (respecto del eje) que existe en la madera. Se le denomina radio leñoso. En tal sección aparecen como líneas que discurren hacia el centro. Cuando se les observa en la sección tangencial tienen forma de huso.

- Canales gomosos y resinosos: Origen similar al de las coníferas. Dipterocarpáceas y leguminosas tienen gran profusión de canales gomosos, así como Anacardiáceas y Burseráceas.
- A veces se dan inclusiones de cristales de oxalato cálcico (parénquima cristalífero), principalmente. Estos cristales son muy perjudiciales para las cuchillas usadas para cortar chapa, dado que las desgastan rápidamente.
- Otros elementos que pueden aparecer dentro de los vasos son las tíldes: membranas que se producen durante el proceso de envejecimiento.<sup>167</sup> Visibles en el roble con facilidad.

	CÉLULAS		
	Soporte	Conducción (Vasos o tráqueas)	Almacenamiento
Angiospermas (Frondosas)	Por fibras	Independiente del sostén: Vasos	<div>Radios medulares Parénquima</div> <div>Células Parenquimáticas</div>

Los anillos: muy poco diferenciados, influyen poco estéticamente.

<sup>166</sup> Para más información vid. Carreras Rivery, Raquel, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997, págs 22-23.

<sup>167</sup> Es el contenido del lumen celular (protoplasma) de las células cercanas al poro, que vierten su contenido en dicho poro.

Veteado en el aserrado: Si los radios son grandes se pueden apreciar unas manchas brillantes en el aserrado radial, llamadas espejuelo o malla (sobre todo en el roble, haya, plátano, fresno, etc.

#### 1.4 Constitución química. Composición química de la pared o tabique celular.

Hemos visto que los elementos anatómicos de las distintas especies presentan diferencias. No ocurre lo mismo con la composición química: No existen diferencias apreciables entre la composición química de las maderas, casi todas tienen los mismos compuestos:

Carbono .....45-50%  
 Hidrógeno ..... 6%  
 Oxígeno .....44-45%  
 Nitrógeno .....0,1%  
 Calcio (Ca), Potasio (K), Magnesio (Mg)...

La unión de estos elementos forma los siguientes compuestos:

	Coníferas	Frondosas
Celulosa	50%	50%
Hemicelulosas	23%	26%
Lignina	27%	24%
Sustancias pépticas	Escasas	

Las paredes de las células de madera son elementos complejos que están constituidos por una serie de elementos principales o primarios que son los que realmente constituyen dicha pared. A saber: celulosa, hemicelulosa, lignina, sustancias pépticas y otros elementos secundarios que impregnan a los primarios: Grasas, resinas, aceites, ceras, gomas, taninos, etc., de los que hablaremos más adelante.<sup>168</sup>

<sup>168</sup> Alejandro López Roma, “Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología, Madrid, marzo, 1985.pág. 15.

En dichas paredes se pueden distinguir tres capas:

- Laminilla media (lámina central o pared intercelular): compuesta de lignina, hidratos de carbono, etc.
- Pared celular primaria: celulosa, hidratos de carbono, lignina, etc.
- Pared celular secundaria: hidratos de carbono, lignina, etc.<sup>169</sup> En esta pared podemos apreciar tres capas: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>. El grosor de estas capas oscila de 1 a 5 micras.

<b>Capas</b>	<b>S<sub>1</sub></b>	Responsables de limitar la deformación de la madera en sentido tangencial.
	<b>S<sub>3</sub></b>	
	<b>S<sub>2</sub></b>	Responsable de la resistencia a tracción longitudinal de la madera porque sus microfibrillas siguen esa dirección (40 veces mayor que la transversal)

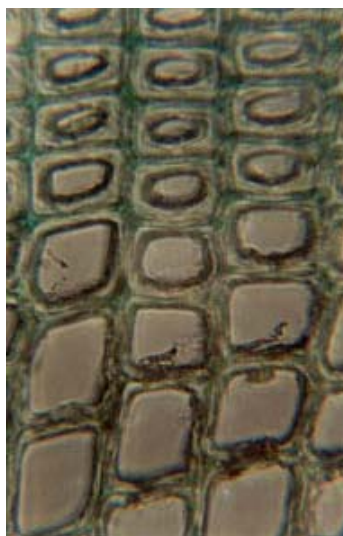
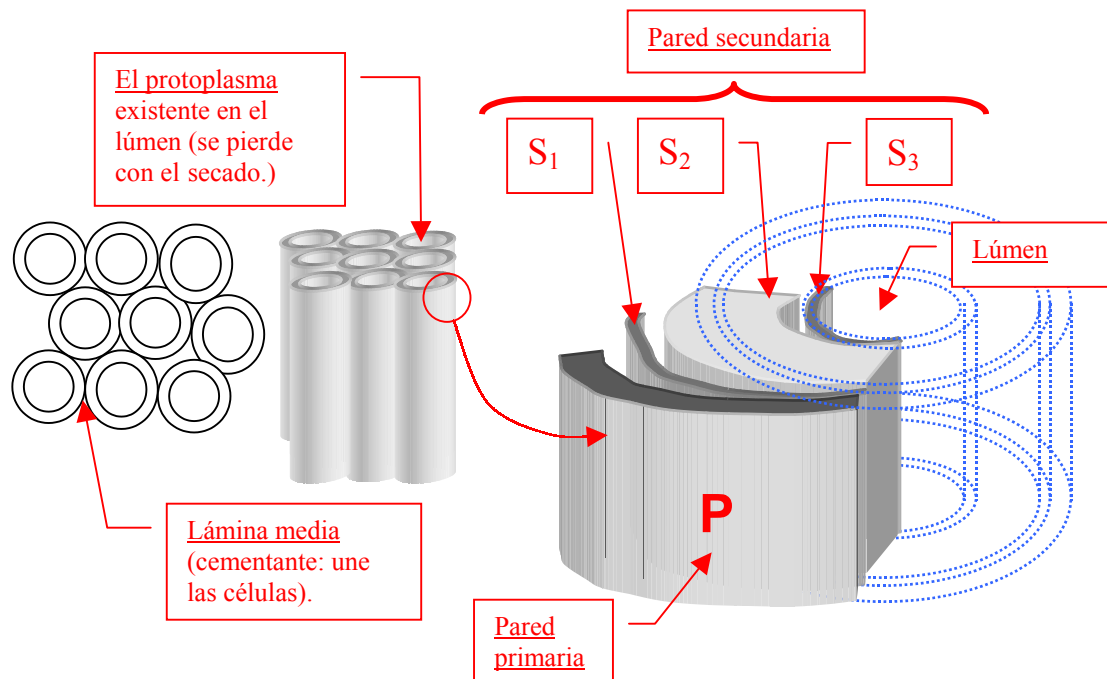
La molécula de agua tiene un diámetro de 3,2 Å.

La madera está formada por *moléculas de celulosa*.<sup>170</sup> Cuando 40 moléculas de celulosa se agrupan forman un *fibrilla elemental*. Al unirse de 4 a 20 fibrillas forman una *microfibrilla*. Dichas fibrillas se unen a distancias de 3 Å y por eso, como ese hueco es más pequeño que el diámetro de la molécula de agua, no resultan permeables al agua. Varias microfibrillas se unen helicoidalmente por medio de la hemicelulosa y la lignina para formar la pared celular<sup>171</sup>. La distancia a la que éstas microfibrillas se unen es > 3,2 Å, con lo que resultan permeables al agua.

<sup>169</sup> Kollmann, op. cit. pág. 136

<sup>170</sup> Cada molécula de celulosa está formada por la unión de más de 7000 moléculas de glucosa.

<sup>171</sup> Puede consultarse el trabajo de Alejandro López Roma “Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología, Madrid, marzo, 1985, págs. 15-17 donde se explica con todo lujo de detalles la organización de la pared celular. Vid. también Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 108.



Pino ruso. Sección transversal. X 400.  
La microfotografía muestra la madera de transición. Se aprecia perfectamente el grosor de las células de primavera y otoño. Asimismo pueden verse las paredes celulares sin dificultad.

La lignina y la hemicelulosa impregnan a las microfibrillas para hacer que la celulosa sea mucho más dura y resistente haciendo, por extensión, más dura y resistente a la madera (forman el esqueleto). De esta manera estos elementos y su organización determinarán las propiedades de las células. Pero las propiedades físicas y mecánicas de la madera «van a depender de la naturaleza y distribución de las células que la componen».<sup>172</sup>

<sup>172</sup> Alejandro López Roma “Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición.

Celulosa: ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>. Es un polímero polisacárido, pero insoluble en agua a pesar de ser un polímero de la glucosa (compuesta solamente de glucosa polimerizada). Está presente en un 50% aproximadamente. Es el material orgánico (es un polisacárido) más abundante y, a niveles estructurales, el más importante del reino vegetal. «Componente principal de las paredes celulares vegetales y de los tejidos fibrosos y leñosos de las mismas»<sup>173</sup>

Es una sustancia de sostén, más resistente que el acero.

La celulosa y sus derivados, junto con las proteínas son las materias orgánicas más abundantes del planeta.

Es higroscópica y de naturaleza polar, por eso admite bien el agua, pinturas, barnices, adhesivos, etc.

Es incolora. De carácter cristalino. El color de las maderas queda definido por otras circunstancias:

El color de las maderas lo definen por lo tanto las sustancias que se encuentran en el lumen o impregnan sus paredes. el color depende de la especie, edad y condiciones de crecimiento y principalmente del clima.<sup>174</sup>

Esas sustancias que aportan color pueden decolorarse con productos como la ciclohexanona, por ejemplo.

La celulosa es el compuesto elástico principal de la madera. Es la responsable de la resistencia a tracción longitudinal (40 veces superior a la transversal).

Lignina: Es un polímero aromático, químicamente inerte.

---

Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología, Madrid, marzo, 1985, pág. 14.

<sup>173</sup> Enrique Fontanello Merino (director), op. cit, pág. 70.

<sup>174</sup> José Poza Lleida, op. cit. pág. 891.

Algo importantísimo respecto a esta sustancia es que «Diferencia a la madera de los demás materiales celulósicos producidos por la naturaleza. Constituye la última etapa del desarrollo de la pared celular».<sup>175</sup>

Sirve como cemento o adhesivo de la celulosa, proporcionando así estabilidad dimensional. También es responsable de la resistencia a la compresión.

La asociación de la celulosa y lignina puede ser comparada a una estructura de hormigón armado, donde las fibras de celulosa, orientadas paralelamente, resisten los esfuerzos de tracción y flexión, mientras que la lignina que los une, aumenta su resistencia a la compresión y a la cortadura.<sup>176</sup>

No es la única sustancia que efectúa esas funciones, pero es la más importante.<sup>177</sup>

Es higroscópica y prácticamente insoluble e impenetrable.

La lignina da a la madera su rigidez, su resistencia. Sin lignina los árboles no podrían alcanzar grandes alturas, ni soportar la carga de nieve, ni resistir el esfuerzo del viento. Está en la madera en forma amorfa, incrustada en la red cristalina de la celulosa, y entre las dos forman el esqueleto resistente de las células de la madera.

Las células se aglomeran, se adhieren unas a otras por medio de otros hidratos de carbono, como son las hemicelulosas.<sup>178</sup>

Es la lignina la que da esa coloración gris a la madera expuesta a la intemperie, que se produce porque las radiaciones ultravioletas la degradan de tal manera que la convierten en un compuesto soluble al agua, ya que es el único componente de la pared celular que absorbe la luz ultravioleta. Es, por tanto, responsable de la fotodegradación de la madera.

Hemicelulosas: Son hidratos de carbono que acompañan a la celulosa y sirven como sustancias de sostén o de reserva. Están compuestas por varios monosacáridos insolubles en agua, pero sí en álcalis (Na OH, 17,5 %).

---

<sup>175</sup> *Tratamientos de la Madera, en Últimas tendencias en el tratamiento y principales métodos de prevención para la conservación de las maderas*, Curso impartido por la Dra. Raquel Carreras Rivero en el Museo de América de Madrid durante el mes de noviembre de 2002.

<sup>176</sup> ROMÁN Y ARROYO, José M<sup>a</sup>, *Química de los materiales para la ingeniería aeronáutica*, editorial Dossat, S.A., Madrid, 1968, pág. 231.

<sup>177</sup> Gomas, colas, resinas, ceras, grasas, etc.

<sup>178</sup> F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983., pág. 891.

Mantienen unidas las células, soportan la estructura y dan elasticidad y compactibilidad.

No son glucosa, son pentosas y hexosas.

También insolubles en agua. Son hidrófilas<sup>179</sup> y al igual que la celulosa, permiten barnices y adhesivos.

Cuando la madera está húmeda puede contener agua libre que, además de en el lumen, se deposita en los espacios existentes entre las microfibrillas. Otros elementos como el aire y los gases también pasan a ocupar espacios vacíos.

Sustancias pépticas: Son carbohidratos (polisacáridos) que forman parte de la lámina media.

Elementos secundarios o accesorios: No son componentes habituales de todas las especies, pero caracterizan a muchas de ellas y ayudan a su identificación. Aparecen en forma de depósitos o inclusiones en determinados lugares.

- Materiales extractivos: Aportan a la madera propiedades específicas, coloraciones, etc. que la pueden hacer más durable<sup>180</sup> ayudando a su identificación. Un método denominado *Quimiotaxonomía* extrae sus componentes para realizar identificaciones de maderas<sup>181</sup>. Se redistribuyen con la ganancia o pérdida de humedad.

- Resinas, grasas, ceras, bálsamos: Se encuentran en los canales resiníferos y fluyen al exterior de manera espontánea o por incisión.

Las cantidades de resina y grasa varían sin ley alguna en maderas de la misma especie; son circunstancias influyentes, entre otras, la estación, el clima y la edad. También dentro del mismo tronco es muy diferente la

---

<sup>179</sup> Esto facilita el cortado de la madera ya que la estructura se afloja con el agua.

<sup>180</sup> la presencia de tropolones del tipo  $\alpha$  *thujaplicin* (en *Thuja plicata*), compuesto aromático altamente tóxico a los microorganismos y responsable de la alta resistencia de esa madera a la descomposición, (*Tratamientos de la Madera para su Conservación*, en *Últimas tendencias en el tratamiento y principales métodos de prevención para la conservación de las maderas*, Curso impartido por la Dra. Raquel Carreras Rivery en el Museo de América de Madrid durante el mes de noviembre de 2002.)

<sup>181</sup> Utilizando métodos como la cromatografía, la espectrometría, etc.



proporción, pues el duramen contiene más resina que la albura, y la copa más que el tronco.<sup>182</sup>

- Taninos (para curtir pieles, fabricación de tintas, etc.): Principalmente en las cortezas. Su oxidación provoca la coloración del duramen de muchas maderas: roble, acacia negra<sup>183</sup>, abeto rojo, quebracho, castaño, etc. En el caso del nogal<sup>184</sup>, su hoja posee taninos que son dañinos para la piel, y si se come produce también daños:
- Colorantes: En otro tiempo importante en el teñido de prendas y en otras industrias hoy han perdido protagonismo. Ejemplos<sup>185</sup>:

Colorante	Especie vegetal
Azul	Palo campeche <sup>186</sup>
Rojo	Palo Pernambuco, quebracho, Sequoia, Avellano
Naranja-rojo	Palo Brasileño o Palo de Brasil <sup>187</sup>
Rojos, púrpuras	Palo Sappan
Amarillo	<i>Juniperus Virginia</i> , <i>Picea Sitchensis</i> , <i>Crataegus Oxyacantha</i> , Palo rosa. <i>Chlorophora Tinctoria</i> , Agracejo y boj
Amarillo, oliva, caqui	Palo amarillo <sup>188</sup> , Árbol de Jack, <i>Rhus Cotinus</i> , <i>Rhus Rhodanthema</i> , Ébano verde
Amarillo rojizo	<i>Prunus Avium</i> y <i>Rhammus Catártica</i>
rojo azulado	Sándalo, Bermelho
Amarillo verdoso	El Capacho o Taigu y el Palo verde
Verde limón	Limoncillo
Verde	<i>Liriodendron Tulipifera</i>
Pardo verdoso	<i>Guajacum officinale</i>
Azul violeta	Amarante sudamericano <sup>189</sup>
Violeta	<i>Prunus Domestica</i> , <i>Copaifera Bracteata</i>
Negro	Ébano y <i>Brya ebenus</i> [Inga vera] africana

<sup>182</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 188.

<sup>183</sup> “Filigrana y menuda la de la acacia, ese arbolito que sólo da una grata ducha de sombra – una sutil ducha – al pobre transeúnte... Las acacias, todas las acacias, pero las de las afueras sobre todo, son enternecedoras, tan delicadas y tan populares, tan optimistas, tan resignadas, tan ciudadanas sosteniendo ellas solas, fijas en su puesto, el consuelo de los ardientes pueblos de la altiplanicie.” (*Greguerías Forestales*. Ramón Gómez de la Serna.)

<sup>184</sup> “Sobre la sombra del nogal, no te pongas a recostar”. “Sábele bien y hácele mal, a mi borriquito, hoja de nogal”. *Refranero español*.

<sup>185</sup> Colores que presenta la madera seca al aire (el duramen), (Franz Kollman., *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 10.)

<sup>186</sup> *Haematoxylon campechanum* L., su principio colorante es la *hematoxilina*.

<sup>187</sup> El principio colorante es la *brasilina*, que por exposición al aire o a la luz toma color naranja.

<sup>188</sup> La *morina* es su principio colorante.

<sup>189</sup> Véase Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, págs. 190-191.

- Gomas: Fluyen de manera espontánea o por incisión.
- Alcaloides: Compuestos tóxicos para el hombre y animales.<sup>190</sup>
- Almidones y proteínas.
- Otros materiales que pueden acumularse:
  - Compuestos minerales, cristales como el sílice pueden acumularse en el duramen del teak, por ejemplo. El carbonato cálcico se acumula en especies como el haya, el almez y el olmo.

---

<sup>190</sup> Para más información puede consultarse el cuadro explicativo que se encuentra en Jesús Izco Sevillano, et. al., *BOTÁNICA*, Editorial Mc Graw Hill-Interamericana de España, Madrid, 2002, pág 165.

## 2 LA MADERA COMO MATERIAL. PROPIEDADES.

Según Cassinello<sup>191</sup> podemos clasificar los materiales<sup>192</sup> por su distinto comportamiento estructural en tres grupos importantes:

1. Frangibles o compreso-resistentes. Son materiales capaces de absorber perfectamente las compresiones, pero resisten mal los esfuerzos de tracción. Por ejemplo, todos los materiales pétreos, naturales o artificiales.
2. Tenaces o traccio-resistentes. Absorben compresiones o tracciones, y lógicamente flexiones. En este grupo encontramos a los metales y a las maderas.<sup>193</sup> Estructuralmente solucionan problemas de tipo lineal (vigas, etc.) y con los sistemas de obtención de chapas (en el caso de la madera: desenrolle principalmente) hace que predomine también la superficie en la construcción.
3. Formáceos o adecuo-resistentes. Se adaptan fielmente a la forma de su encofrado o molde, por eso su principal característica sean sus formas. Entre ellos tenemos los yesos, los plásticos, el hormigón, etc.

Su empleo en la construcción sigue siendo el más importante dentro de los países desarrollados, pero más del 40% sigue utilizándose como combustible, y eso que estamos en el siglo XXI. A parte de su principal uso en la construcción (por ser un importante material lineal<sup>194</sup> y superficial<sup>195</sup>), es materia prima para la consecución de materiales como el papel, gases combustibles, metanol, ácido piroleñoso, alquitranes, carbón de madera, etc.

---

<sup>191</sup> F. Cassinello, *Construcción, carpintería*, Madrid, editorial Rueda, 1973, págs. 17-20.

<sup>192</sup> Cassinello se refiere principalmente a materiales de construcción. Dado que la madera lo es por derecho propio, creemos interesante incluir dicha clasificación en aras de una mejor comprensión.

<sup>193</sup> La madera es el único material obtenido de un ser vivo que se utiliza normalmente en la construcción occidental. No ocurre lo mismo en las artes plásticas, en las que estamos acostumbrados a trabajar desde hace mucho con todo tipo de materiales orgánicos. Lo malo de estos materiales es que continúan vivos aún después de muertos. Todo lo orgánico tiene tendencia a destruirse más rápidamente que lo que no lo es, a parte de que en el caso, por ejemplo, de la madera, la tela y el papel se evidencie esto más por su origen celulósico.

<sup>194</sup> Se consiguen elementos de gran esbeltez dado que, comparadas con sus longitudes, sus secciones transversales son muy reducidas.

<sup>195</sup> Sobre todo con el desarrollo de los nuevos tableros.

En cuanto a consumo de energía, para la obtención de este material, la



Tamara de Lempicka.  
Autorretrato (Tamara en un Bugatti verde), 1925.  
Óleo sobre madera.

madera consume menos energía para su obtención y contamina menos que cualquier otro material. Y, además, es perfectamente reciclable.

Su utilización en la construcción, mobiliario, como soporte y refuerzo en las BB. AA., etc. deriva de unas especiales características y propiedades que hacen de la madera un elemento único. Como es lógico, dentro de esas propiedades observaremos algunas muy significativas que nos dirán mucho acerca de ese carácter peculiar que posee:

<b>Propiedades generales y comunes a todas las maderas<sup>196</sup></b>	
<b>Favorables</b>	<b>Efecto que produce</b>
Ligera.	Fácil manejo.
	Coste de transporte no muy alto.
Herramientas sencillas.	No se requiere demasiada destreza en trabajos sencillos.
Su porosidad.	Permite la unión con clavos y tornillos.
	Permite la absorción de pinturas barnices y otros acabados.
Fortaleza en relación con su peso.	Compite sin problemas con materiales como el acero.
Mala conductora del sonido, calor y electricidad.	Material perfecto como aislante.
	Se dilata muy poco por cambios de temperatura.
No se oxida.	No tiene los problemas de los metales, a este respecto.
Aguanta razonablemente bien algunos ácidos, bases, disolventes. <sup>197</sup>	Si estos químicos no están muy concentrados su corrosión es muy pequeña o nula.
Pueden detectarse los defectos en su superficie.	Poder elegir la adecuada para determinados usos.

<sup>196</sup> Para más información vid. A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., Barcelona 1959, págs. 48-50.

<sup>197</sup> Para información más completa vid. el apartado 2.1.7. *Durabilidad*, de este mismo capítulo.

<b>Propiedades generales y comunes a todas las maderas<sup>196</sup></b>	
<b>Favorables</b>	<b>Efecto que produce</b>
No cristaliza ni se vuelve quebradiza cuando se somete a bajas temperaturas.	Resiste en condiciones muy desfavorables
Antes de quebrarse presenta síntomas que lo anuncian.	De importancia en la construcción, restauración, etc.
Por su estructura y composición química pueden obtenerse de ella infinidad de productos importantísimos: papel, tableros derivados, harinas de madera, extractos de todo tipo, etc.	Gran aprovechamiento.
Fácilmente hendible (algunas especies).	Facilidad de labra.

<b>Propiedades generales y comunes a todas las maderas</b>	
<b>Desfavorables</b>	<b>Efecto que produce</b>
Herramientas sofisticadas para determinados trabajos.	Cierta limitación en cuanto a ensamblajes, acabados, etc.
No puede ser extruída o laminada en el sentido que lo son los metales, por ejemplo. <sup>198</sup>	Si queremos aumentar, pues, su longitud debemos recurrir a empalme s y/o acoplamientos y solucionar la laminación por medio de contrachapados, madera microlamiada, etc.
Su dureza y resistencias son limitadas.	En caso de querer aumentarlas hay que recurrir a tratamientos, que se comentan en su capítulo correspondiente, que modifican su naturaleza.
Material de naturaleza higroscópica.	Cambios de dimensión y de propiedades (inestabilidad volumétrica).
Puede ser atacado por xilófagos.	Es un material que acaba pudriéndose si no se toman las oportunas medidas.
Material combustible.	Puede arder.
Su solidez es variable.	Problemas estructurales si se desconoce su comportamiento. Por el contrario puede aprovecharse esta cualidad a la hora de elegir los materiales y no encarecer demasiado el trabajo a realizar, es decir, utilizar especies menos resistentes (menos densas, etc.) donde no se requieran grandes esfuerzos.
Fácilmente hendible (algunas especies).	Problemas de rajadura.

<sup>198</sup> Aunque pueden extruirse los *matt* que forman los tableros de fibras y los aglomerados, y la madera puede laminarse por medio de finas chapas o por encolado de tablas.

Algunas de ellas nos facilitarán el trabajo mientras que otras lo ralentizarán, pero el conjunto de todas ellas define a este gran material y por ellas le hemos elegido para realizar nuestro trabajo.

## 2.1 Propiedades físicas de la madera.

Es conveniente consultar las siguientes normas:

- UNE-EN 120:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación del contenido de formaldehído. Método de extracción denominado del perforador.*
- UNE-EN 384:1996. *Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.*
- UNE-EN 408:1996. *Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.*
- UNE 56528: 1978. *Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayos.*
- UNE 56529: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.*
- UNE 56530: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad mediante higrómetro de resistencia.*
- UNE 56531: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico.*
- UNE 56532: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la higroscopicidad.<sup>199</sup>*
- UNE 56533: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica.*
- UNE 56534: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza.*
- UNE 56535: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial.*
- UNE 56536: 1977. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión dinámica.*
- UNE 56537: 1979. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática.*
- UNE 56538: 1978. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las fibras.<sup>200</sup>*
- UNE 56539: 1978. *Determinación de la resistencia a la hienda. Características físico-mecánicas de la madera.*
- UNE 56540: 1978. *Características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los resultados.*

---

<sup>199</sup> Según la norma UNE 56532:1977, se llama higroscopicidad de la madera a la variación del peso específico de la misma cuando su contenido de humedad varía en 1 por 100.

<sup>200</sup> En esta norma puede verse el aspecto de la probeta de ensayo y el aparato utilizado.

- UNE 565341: 1977. *Determinación de la estabilidad dimensional de la madera tratada con productos protectores e hidrófugos.*
- UNE 56542: 1988. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras.*
- UNE 56543: 1988. *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del esfuerzo cortante.*

«Conviene recordar que las características físicas son muy de tener en cuenta cuando el empleo de la madera sea de ebanistería, pues es idónea aquella que teniendo mediana densidad, tenga pequeñas contracciones; es decir, se “mueva” poco.»<sup>201</sup>

Desde el año 2001, el Dr. Robert Evans, un investigador australiano, ha facilitado una herramienta utilísima para determinar las propiedades de las fibras de la madera. Se trata del SilviScan, una herramienta que mide las propiedades de las fibras hasta 1000 veces más rápido que con los métodos actuales. Con los datos obtenidos pueden elegirse los mejores árboles para las distintas industrias: construcción, ebanistería, pasta de papel, etc.<sup>202</sup>

### 2.1.1 Densidad o peso específico.

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE-EN 384 Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.
- EN 1058 Tableros derivados de la madera: Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánica y de la densidad.
- EN 323 Tableros derivados de la madera. Determinación de la densidad.
- Norma NFB 51005.
- UNE 56544: 1997

Densidad es la relación entre la masa o cantidad de materia (leñosa en este caso) y el volumen de un cuerpo. La madera posee una baja densidad.

En la madera hemos de distinguir entre la densidad absoluta y la densidad aparente<sup>203</sup>. La densidad absoluta, real o verdadera (sustancia

<sup>201</sup> Angel Sánchez Plaza, “Los pinos y los abetos españoles. Utilización racional de su madera”, *Montes*, año XXV, n° 148, julio-agosto, 1969, págs.333-337.

<sup>202</sup> Para más información vid. *Tempus*, n° 4, 2001, editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, pág, 15.

<sup>203</sup> Dependiendo de lo que tratemos de medir podríamos establecer distintos tipos de pesos específicos: crudo (madera verde recién apeada), crudo de madera seca al aire, crudo de madera con

celular) de las maderas es prácticamente constante para todas las especies y se le atribuye un valor de 1,560<sup>204</sup> (según Kollmann<sup>205</sup> para la celulosa 1,58 y para la lignina entre 1,38 y 1,41 g/cm<sup>3</sup>) y se establece a partir de una madera exenta de poros o huecos, como si fuera totalmente maciza. La densidad aparente de la madera anhidra depende del volumen de poros<sup>206</sup>; es, por tanto, variable y se establece en función del contenido de agua<sup>207</sup>, aunque tengan influencia: la especie, el lugar de crecimiento, si se ha desarrollado adecuadamente, si el lugar ocupado está más o menos cerca de las raíces, dado que las mayores densidades se concentran en el arranque de las ramas y en la parte más externa del raigal,<sup>208</sup> la edad del árbol<sup>209</sup>, genes, etc. Según Poza «estos factores pueden ofrecer una variación de +/- 20% de las densidades atribuidas a la especie»<sup>210</sup>. También diferencias entre la albura y el duramen, pero dentro de ellas también existen determinadas zonas de mayor peso específico, formando núcleos o fajas.

La densidad aparente varía mucho dependiendo de las especies<sup>211</sup>.

---

un tipo (%) determinado de humedad, de madera técnicamente seca (12%), de madera absolutamente seca o anhidra (0%), del leño puro (absoluto, real o verdadero).

<sup>204</sup> La densidad viene expresada en g/cm<sup>3</sup>, en el caso de sólidos y líquidos, en este caso: 1,560 g/cm<sup>3</sup>. « (...) sólo en maderas muy ricas en resinas baja este valor, según Schwappach, a 1,52, mientras que en maderas muy lignificadas puede subir a 1,62» (Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1944, pág. 66).

<sup>205</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 365.

<sup>206</sup> La densidad nos indica, como veremos más adelante, el volumen de poros o espacios libres que posee, siendo éstos susceptibles de llenarse de agua si la humedad aumenta. Estos espacios vacíos son lugares intercelulares, cavidades celulares, meatos, vasos, etc.

<sup>207</sup> La densidad aparente normal viene determinada por un grado de humedad de la madera del 12%, porcentaje establecido como media internacional. Técnicamente es de gran importancia la relación entre el peso específico y la humedad de la madera.

<sup>208</sup> Véanse los esquemas idealizados, referidos a la distribución de densidades en la frondosas y resinosa, propuestos por José Mª de la Poza Lleida op. cit., pág. 43. En estos esquemas se puede apreciar la relación existente entre la densidad y los esfuerzos a que están sometidas ciertas partes del árbol. Otros autores, como Nájera, sitúan la máxima densidad de las frondosas en la zona del centro del tronco, mientras que en las resinosa se encuentra en la parte inferior de éste y decreciendo hasta los 4 ó 5 metros de altura (Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 69).

<sup>209</sup> En las coníferas, la mayor densidad se localiza en los anillos que marcan los sesenta años de vida. En las frondosas no hay normas. Según Nájera, el haya presenta la peculiaridad de que su densidad es inversamente proporcional a la edad.

<sup>210</sup> José Mª de la Poza Lleida, op. cit., pág. 44.

<sup>211</sup> «(...) Cuanto mayor sea la densidad aparente de una madera, mayor será la superficie de sus elementos resistentes y menor el volumen de sus poros o vacíos» [Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 67].



Las maderas más ligeras: (desde 0,10 hasta 0,30 g/cm<sup>3</sup>):

- Balsa (*Ochroma lagopus* Swartz) (0,2).
- Ceiba de Holanda o árbol del algodón (*Bombax malabaricum* D.C., *Bombax Ceiba*),
- Aeschynomene elaphroxylon* (Guill et Perr. Taub),
- Leitneria Floridana* (0,21). Es de Norteamérica,
- Hibiscus Tiliaceus*,
- Así como las especies: *Eritrina* y *Alstonia*.

Las maderas más pesadas (más densas): (desde 1,20 hasta 1,40 g/cm<sup>3</sup>):

- Guayaco o Palo Santo (*Guayacum officinale* L.) y Quebracho (1,39).
- Conduro (*Brosinum Aubletii* Poepp.)
- Ébano (1,2).
- Palo rojo (1,1).<sup>212</sup>
- Boj (1,00).

Aumenta más cuanto más duramen entra en la composición del rollizo y está íntimamente unida a las propiedades, tanto físicas como mecánicas de la madera.<sup>213</sup>

La baja densidad hace que “casi” todas las maderas floten en el agua<sup>214</sup>, lo cual supone una gran ventaja, pues aligera mucho el peso propio de la madera<sup>215</sup>. Si su densidad fuera mayor, también sería mayor su peso (y eso dificultaría el transporte de los soportes pictóricos, de las vigas y

---

<sup>212</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 360.

<sup>213</sup> «Normalmente se utilizan maderas de coníferas con una densidad que oscila entre 400 y 550 Kg/m<sup>3</sup> y de frondosas con una densidad entre 600 y 700 Kg/m<sup>3</sup>» (Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994, pág. 41).

<sup>214</sup> La caoba de Cuba, por ejemplo, se hunde.

<sup>215</sup> « Su valor bajo en cuanto a densidad comparado con su resistencia y módulo de elasticidad, la convierten en un material idóneo para estructuras mucho más ligeras que el acero y el hormigón» (Francisco Arriaga Martitegui, et. al op. cit.,pág. 41).

tableros, etc.) y su precio se dispararía, entre otras cosas. Por esto tiene un manejo fácil. Es fuerte para el peso que tiene.

Decíamos que el agua tenía que ver en la determinación de la densidad, siendo así porque forma parte de la propia constitución de la madera y por eso la densidad varía con la humedad. Internacionalmente se establece una humedad del 12% para la toma de datos.

Según la norma UNE 56544: 1997, si la densidad de una pieza de madera se desvía más de un 20% con respecto al valor medio considerado para la especie, deberá evaluarse la posible presencia de madera de compresión, madera juvenil o alteraciones biológicas de cualquier tipo.

Otros factores que determinan el peso específico aparente son:

•Intrínsecos: La especie (temperamento y raza), la edad y la situación en el tronco. Existen marcadas diferencias también si la madera es de tracción o de reacción. La de rama es más pesada que la de tronco, pero la de raíz es más ligera. Indicativo de densidades mayores son los colores vivos localizados en el duramen: en el roble y en tropicales coloreadas como: maderas de Pernambuco (*Cesalpinia crista* L.), Sappan (*Cesalpinia Sappani* L.), Corazón verde (*Nectandra Rodioei* Hook), Palo campeche (*Haematoxylon campechanum* L.) y Ébano (*Excoecaria glandulosa* Sw. o *Jacaranda ovaliflora* R. Br.)

El contenido de resina también aumenta el peso específico aparente: el peso específico real de la resina de coníferas está comprendido entre 0,985 y 1,073 g/cm<sup>3</sup> y el de la resina de Guayaco entre 1,23 y 1,25 g/cm<sup>3</sup>.

•Extrínsecos:

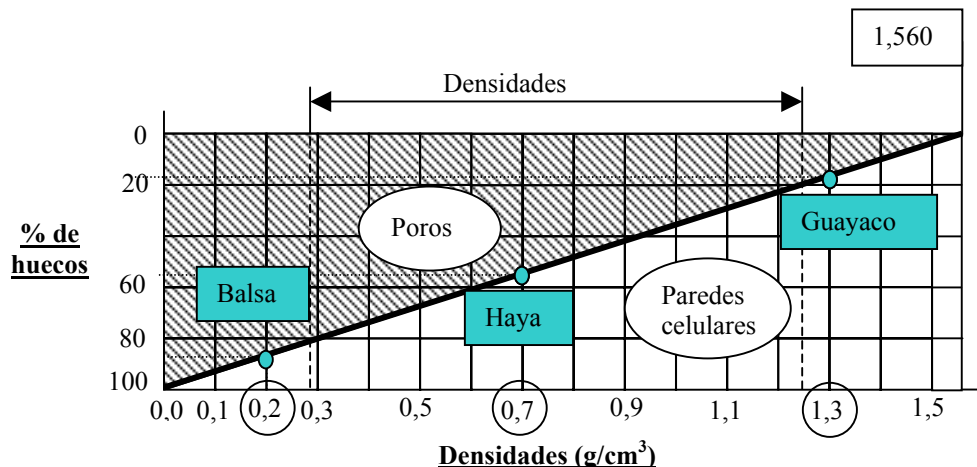
1. Como factores naturales: La estación y localización. La influencia de la orientación se manifiesta cuando una parte es favorecida en su crecimiento por las condiciones del medio (por ej. la acción del viento). En dichas zonas es donde se encuentra generalmente la madera más pesada, tanto en frondosas como en coníferas.

2. Como factores variables: La repoblación, el tratamiento y cuidado del suelo.

De la influencia conjunta de todos depende el tamaño y conformación de cada célula, especialmente la proporción entre los tejidos conductores y de sostén.<sup>216</sup>

En el ábaco de Kollmann<sup>217</sup> podemos observar qué maderas son porosas y cuales no, observando sus densidades y porcentaje de huecos en maderas desecadas al 15% de humedad:<sup>218</sup>

**Ábaco de Kollmann, de densidades y % de huecos de maderas desecadas al 15% de humedad:**



Dentro del ábaco podemos ver ejemplos de tres maderas con densidades dispares, dos de ellas fuera de la zona de densidades corrientes (balsa y guayaco) y otra (haya) dentro de ella. Podemos leer que la madera de balsa, con una densidad de 0,2, aproximadamente, tiene un porcentaje de poros del 89% aproximadamente. En la de haya el porcentaje es considerablemente inferior, descendiendo hasta el 58%, con una densidad de 0,7 y en el guayaco hasta el 18%, con una densidad de 1,3. Otros

<sup>216</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, págs. 359-391.

<sup>217</sup> Extraído de Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 221.

<sup>218</sup> La humedad ejerce una notable influencia sobre la densidad, por eso siempre se debe dar la humedad a la que se ha determinado la densidad, si esto no se hace así no tendría valor alguno, pues un aumento o pérdida de humedad harían variar la densidad. Por ejemplo si el chopo, “en estado anhidro pasa al estado de humedad máxima puede triplicar su masa, mientras el volumen l hace en un porcentaje del orden del 12%” (A. Gutiérrez Oliva y José Ignacio Fernández-Golfín Seco, “Cálculo de la densidad y de las variaciones dimensionales de la madera, Equivalencias numéricas entre valores”, *Montes*, nº 49, 3º trimestre de 1997, Montes, Madrid, págs. 28-29.

ejemplos los tenemos en el chopo con un 80% y en los robles con un 50%, aproximadamente.

De esta manera podemos hacernos una idea de las características aislantes, absorbentes, etc. de cualquier madera en función de su densidad, es decir, por medio de la densidad podemos determinar, de manera general, la resistencia mecánica de una especie.



Danta



Acacia.

La densidad influye mucho sobre las propiedades resistentes, pues al aumentar su densidad disminuye el número de poros y con ello aumenta la resistencia.

### 2.1.2 Dureza.

Es la resistencia superficial que ofrecen las diferentes especies de madera a la penetración, corte, rayado por



Ciprés de Georgia.  
Muestra remitida por Morris Farms Cypress Sawmill. Georgia, EE.UU.

medio de otro cuerpo o pulido, es decir, a esfuerzos estrechamente localizados.

Es una propiedad mitad física y mitad mecánica.

Va a depender tanto de la cohesión existente entre las fibras como de su



Ciprés (*Cupressus sempervirens*).

estructura.<sup>219</sup> Va a depender también de si es madera de duramen o albura (esta es más blanda) o de si la madera está seca o verde (esta es más blanda también y es más dura la madera vieja que la joven).<sup>220</sup> Existe generalmente una relación entre la dureza y la dificultad de trabajo: en las especies más blandas las fibras se separan con mayor facilidad y no se consiguen los mismos acabados que con las duras, en estas últimas, los cortes, pulidos, barnizados, etc. son más precisos, uniformes, etc., que en las otras.

No suele haber casi ninguna diferencia de dureza entre superficies de corte radial o tangencial, pero las superficies de corte transversal suelen tener una dureza mayor.

Como regla general las especies de crecimiento lento son las de madera más dura.

El ensayo Brinell<sup>221</sup> clasifica las maderas en:

- Muy duras: Akoga boj, encina, bongossi.
- Duras: Ébano, haya, olivo.
- Medias: Acacia, alerce, aliso, amaranto, caoba, castaño, cedro, cerezo, fresno, manzano, nogal, olmo, peral, teka.
- Blandas: Abedul, abeto, avellano, ciprés<sup>222</sup>, pino norte, pino silvestre, chopo y okumé<sup>223</sup>.

La dureza puede conocerse a través de los ensayos realizados<sup>224</sup> y a través de la bibliografía existente, sin necesidad de realizarlos.

---

<sup>219</sup> Está determinada por la densidad y la humedad, por ejemplo: las maderas duras tienen mayor densidad.

<sup>220</sup> “La madera es un material blando cuya dureza es proporcional al cuadrado de la densidad, decayendo en proporción inversa con el grado de humedad” (Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 220).

<sup>221</sup> Los métodos de ensayo básicos son: Brinell y Janka, que miden la huella dejada por una esfera con una determinada carga; y Monnin que hace lo propio, pero con un cilindro. Otro ensayo: Chalais-Meudon.

<sup>222</sup> “Un efecto de color y de luz que no se podrá imitar nunca es, bajo un sol de mediodía, el efecto de un ciprés sobre una tapia enjalbegada de nuevo... El efecto de ese verde concentrado y recio del ciprés sobre el blanco, en la cal vive y se enciende bajo el sol, es de una exaltación delirante.” *Greguerías Forestales*. Ramón Gómez de la Serna. “El ciprés es un pozo que se ha hecho árbol”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 34).

<sup>223</sup> Clasificación obtenida de Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 220).

La dureza Monnin (UNE 56534) establece los siguientes índices para estas maderas españolas: P. radiata: 1,8; P. gallego: 1,8; Chopo: 0,69; Eucapyltus. globulus: 3,9 y Castaño: 2,2.<sup>225</sup>

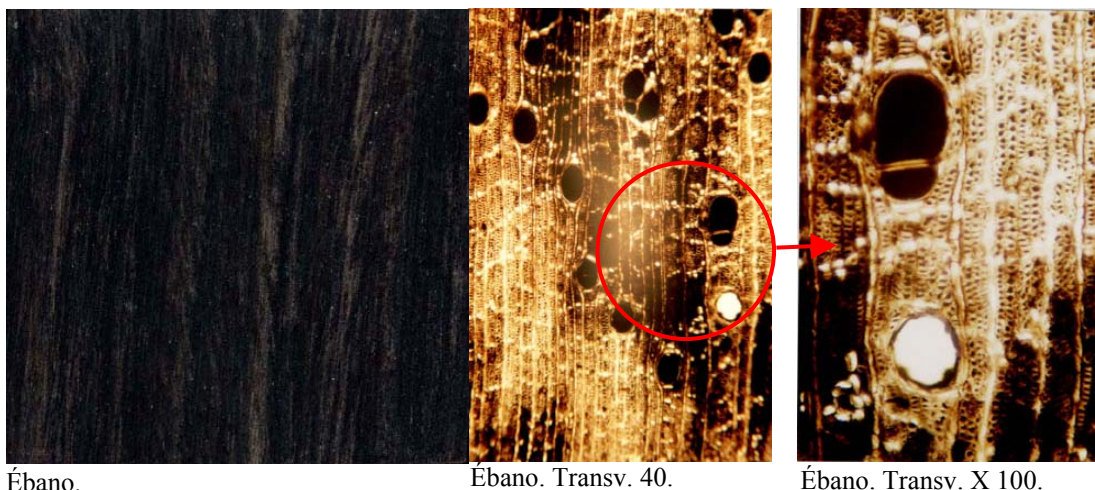
<b>Clasificación según dureza<sup>226</sup></b>	
Extremadamente duras	Ébano
De dureza análoga al hueso	Agracejo Lilas
Muy duras	Arce Carpe Cerezo silvestre Tejo
Bastante duras	Fresno Plátano Cerezo Falsa acacia Olmo
Algo duras	Haya Roble Nogal Peral Manzano Castaño
Blandas	Falso abeto Abeto Pino Alerce Aliso Abedul Castaño de Indias Algunos sauces <sup>227</sup>
Muy blandas	Tilo Álamo Sauces

<sup>224</sup> Método de ensayo para medirla: norma UNE 56.540.

<sup>225</sup> J.I. Fdez.-Golfín Seco., et. al., “Caracterización de la madera de especies de crecimiento rápido”, *Montes*, nº 4, 2º trimestre de 1995, Montes, Madrid, pág. 15.

<sup>226</sup> Según *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana*, Editorial Espasa Calpe, S.A., 1975, pág. 1306.

<sup>227</sup> “En los sauces están los flecos del manto del cielo”. “El sauce toca el arpa en el agua” (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País. Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, págs. 6 y 26).



Ébano.

Ébano. Transv. 40.

Ébano. Transv. X 100.

### 2.1.3 Propiedades térmicas.

Todos los materiales se dilatan con el calor y se contraen cuando desciende la temperatura. A la madera también le ocurre esto, pero resulta menos evidente, pues cuando se eleva la temperatura, disminuye su humedad interna. Resumiendo: la madera se dilata con el aumento de temperatura y a su vez se contrae por pérdida de humedad; la contracción siempre es superior a la dilatación por calor, de esta manera aquella parece que realmente no existe.

De todas formas, la dilatación y contracción térmicas son pequeñas; y aunque en la dirección perpendicular a las fibras es unas cinco veces la deformación en dirección axial, también el juego debido a la humedad es mayor en esta dirección y siempre más elevado que los movimientos de tipo térmico<sup>228</sup>.

La madera es un buen aislante térmico<sup>229</sup> o, lo que es lo mismo, un mal conductor del calor o material con baja conductividad térmica<sup>230</sup> y le ocurre lo mismo al papel, al cartón, etc.:

<sup>228</sup> F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983. , pág. 903.

<sup>229</sup> También es un buen aislante eléctrico y, según Román y Arroyo, “(...) Comparable a los materiales de resinas fenólicas [bakelita], pero su resistencia disminuye exponencialmente al aumentar su contenido de humedad”, (José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 233).

<sup>230</sup> “(...) el coeficiente de *conductibilidad calorífica* interna, que puede definirse como aquella cantidad de calor, en [Kcal.], que atraviesa, por hora, en estado de equilibrio, un cubo de un metro de arista, desde una de sus caras a la opuesta, cuando entre éstas existe una diferencia de temperatura de 1º C. Dicho coeficiente es una constante del material que depende también de la dirección del flujo del

La madera, sus derivados y demás materiales celulósicos son malos conductores del calor debido a su porosidad y a la escasez de electrones libres<sup>231</sup>.

La ligereza y porosidad, así como el estar presente en su constitución la celulosa y la lignina, hacen de la madera un buen aislante térmico<sup>232</sup> y permite ser utilizado con otros materiales todavía más eficaces en materia de aislamiento (la fibra de vidrio, por ejemplo). La capacidad de retención térmica será siempre inferior en paneles, estructuras, tableros, etc. que sean ligeros y porosos que en materiales densos, con poca porosidad, dado que estos retienen mejor el calor y los otros permiten fugas más fácilmente<sup>233</sup>. Es decir, la conducción aumenta con el peso específico (en cuerpos porosos y secos)<sup>234</sup>.

La conductividad va a variar por causas como la especie vegetal a la que pertenezca la madera, su densidad (por lo que hemos comentado anteriormente), con la dirección que se contemple (longitudinal, radial, etc.; siendo mejor la longitudinal) y con el grado de humedad, dado que la madera húmeda transmite mejor el calor que la seca.

#### **2.1.4 Propiedades eléctricas.**

La madera anhidra es un buen aislante, y si está impregnada en parafina<sup>235</sup> o aceite de linaza, todavía mejor. Pero su resistividad decrece si aumenta la humedad. La secada al aire es semiconductor por contener más humedad que la anhidra, pero cuando adquiere el 100% de humedad podemos decir que es conductora. Esta resistividad va a depender (dejando de lado la humedad) de la especie, del peso específico aparente, del contenido o no en aceites y resinas, de la dirección que tomemos. Según Arredondo «la

---

calor, de la temperatura y del grado de humedad de dicho material” (Franz Kollmann op. cit., pág. 554).

<sup>231</sup> F<sup>co</sup> Arriaga Martitegui et al., op. cit., pág. 51, op. cit., pág. 42.

<sup>232</sup> Para más información vid. Franz Kollmann, op. cit., pág. 554.

<sup>233</sup> “La madera seca contiene en sus células diminutas burbujas de aire, por lo que se comporta como aislante calorífico; el coeficiente  $\lambda$  vale 0,03 en sentido normal [perpendicular] a fibra y 0,10 al hilo, es decir, paralelo a ella”, (Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 227).

<sup>234</sup> El coeficiente de conducción de calor indica la cantidad de calor, en calorías/kg, que pasa por hora a través de un cubo de 1m<sup>3</sup>, cuando la diferencia de temperatura entre las dos superficies es de 1° C.

<sup>235</sup> La parafina es usada como aislante eléctrico, entre otras muchas cosas. Algunas de sus características son: d 0,880-0,915; p.f. 47-65° C; p. de inflamación 198° C; temperatura de autoignición 245° C.



resistividad es de 2 a 4 veces menor en la dirección axial que en dirección transversal»<sup>236</sup>

### **2.1.5 Propiedades acústicas.**

El aislamiento que ofrece es proporcional al peso del panel usado<sup>237</sup> y puede mejorarse, en la madera ligera por intercalación de materiales más blandos. De todas maneras es un mal aislante acústico, principalmente por su poco peso, pero se utiliza mucho para forrar salas de conciertos dado que se puede manipular fácilmente y sin maquinaria demasiado compleja y conseguir efectos de sonido mediante una mayor o menor absorción, consiguiendo esto con la utilización de superficies de caras múltiples que se distribuyen de manera más o menos uniforme (taladrando los paneles, cubriendo zonas de los muros con láminas, utilizando tableros derivados de la madera con distintas densidades, etc.)

Antiguamente esto se conseguía llenando teatros, salas de conciertos, etc. con molduras y toda clase de ornamentos que contribuían a aumentar el tiempo de reverberación. Si las superficies fueran absorbentes de sonido, acortarían el tiempo de reverberación.

Estas propiedades se han tenido en cuenta, desde siempre, en la construcción de instrumentos musicales.

La humedad y pudriciones pueden causar cambios en las propiedades acústicas de las salas, pero la impregnación de conservantes o la aplicación de barnices tiene escasa importancia acústica.

### **2.1.6 Resistencia al fuego. Combustibilidad.**

Aconsejable la consulta de las siguientes Normas de ensayo:

UNE 23102:90; UNE 23721:90; UNE 23723:90; UNE 23724:90; UNE 23725:90; UNE 23726:90; UNE 23728: UNE 23728:90; UNE 23729:90; UNE 23730:90, etc.

---

<sup>236</sup> Fco Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 903.

<sup>237</sup> Suelen usarse paramentos de madera de coníferas y últimamente con tableros aglomerados más pesados por contener partículas minerales de entre 15 y 25 mm, teniendo a la vez un mejor comportamiento al fuego.

La resistencia al fuego se define como el tiempo durante el cual la pieza de madera es capaz de permanecer cumpliendo el cometido para el que fue diseñada.

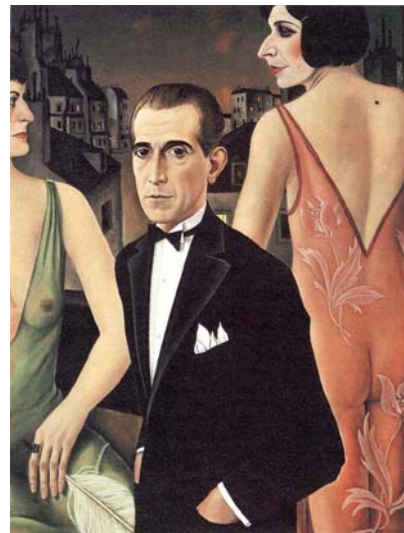


Muestras de eucalipto (Argentina). A la derecha ejemplar de eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*) del Arboreto de Montes.

Se dijo que la baja conductividad térmica era característica de la madera, y este hecho va a ser determinante para que, en caso de incendio, el calor producido en el exterior no llegue rápidamente al interior de las piezas y las queme.

Al carbonizarse las fibras superficiales generan todavía una menor conductividad y hace que se dificulte más la llegada de las altas temperaturas hacia el interior.<sup>238</sup>

La madera es un material combustible, ya que los materiales «con un alto contenido en hidrógeno y carbono



Christian Schad.  
El conde St. Genios  
d'Anneaucourt, 1927.  
Óleo sobre madera.

---

<sup>238</sup> Algo similar a lo que pasa con algunos metales y la oxidación: generan una capa de óxido superficial que evita que siga oxidándose el interior: El zinc en aire húmedo acaba cubriéndose con una capa de carbonato de zinc que lo protege de seguir oxidándose.

[serán] los más susceptibles de oxidarse y, por lo tanto, de arder»<sup>239</sup> pero que no sufre deformaciones estructurales como le ocurre a los metales, el hormigón, los plásticos, etc., gracias a que posee, como dijimos, una dilatación térmica insignificante. Es un material combustible por la reacción que tiene frente al fuego.<sup>240</sup> Pero con la cantidad de especies existentes no es difícil imaginar que existen en nuestro continente, por ejemplo, especies fácilmente combustibles como el pino pinaster y otras resinosas y, en cambio, algunas otras como el eucaliptus jarrah (*Eucalyptus marginata* Sm.) de Australia que se quema tan lentamente que parece que fuera incombustible.<sup>241</sup>

Con la ignifugación se consigue que las piezas sean más difícilmente inflamables. Suele realizarse con productos de naturaleza orgánica (sales, habitualmente) o compuestos que neutralizan el oxígeno:

Se utilizan productos a base de: fosfatos y sulfatos de amonio [también se usó hidróxido de amonio], boratos de sodio [bórax], ácido bórico, silicatos de sodio y de potasio, compuestos clorados, etc. La ignifugación no modifica su resistencia al fuego pero sí su *reacción* al fuego. Consiste en un retraso de su combustión, lo que añade un tiempo extra de resistencia al fuego.<sup>242</sup>

Se suelen realizar dos tipos de tratamientos de ignifugación: Uno superficial y otro con profundidad.<sup>243</sup> Pueden incorporarse a la masa del producto durante su fabricación pero esto acarrea importantes cambios:

- Su estabilidad al fuego mejora.
- Empeora su aspecto estético (coloraciones).
- Aumenta la fragilidad del producto.
- Aumenta su precio.

También puede aplicarse al producto acabado pero aquí el ignifugante se deteriora, por envejecimiento) rápidamente.<sup>244</sup>

---

<sup>239</sup> Santiago García Alba, “Ensayos de comportamiento al fuego. Reacción al fuego de los materiales de construcción”, *Aitim*, n° 182, Julio-Agosto, 1996, págs. 76-81.

<sup>240</sup> Véase normas UNE 23.727 sobre reacción al fuego y clasificación y la UNE 23.102 sobre reacción al fuego.

<sup>241</sup> Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 19.

<sup>242</sup> F<sup>co</sup> Arriaga Martitegui et al., op. cit., pág. 57.

<sup>243</sup> Para más información sobre estos sistemas de ignifugación, vid. Información cita anterior.

Especies poco combustibles: Abang y algunos eucaliptos.

Los materiales suelen clasificarse de la siguiente manera:

M-0 Para materiales no combustibles.

M-1 Para materiales combustibles y no inflamables.

M-2 Para materiales combustibles y difícilmente inflamables.

M-3 Para materiales combustibles y medianamente inflamables.

M-4 Para materiales combustibles y fácilmente inflamables.

### **2.1.7 Durabilidad.**

Para una más amplia información pueden consultarse estas normas:

- EN 273:1992. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia curativa contra Lyctus Brunneus (Stephens)(Método de laboratorio).*
- EN 20-1:1992. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia preventiva contra Lyctus Brunneus (Stephens). Parte 1: Aplicación por tratamiento superficial (Método de laboratorio).*
- EN 20-2:1993. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia preventiva contra Lyctus Brunneus (Stephens). Parte 2: Aplicación por tratamiento en profundidad (Método de laboratorio).*
- EN 49-1:1993. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia preventiva contra Anobium Punctatum (De Geer) por la observación de la puesta de huevos y la tasa de supervivencia de las larvas. Parte 1: Aplicación mediante tratamiento superficial (método de laboratorio).*
- EN 275:1992. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia preventiva contra los organismos xilófagos marinos.*
- EN 330:1993. *Protectores de la madera. Ensayo de campo para la determinación de la eficacia preventiva de un protector aplicado bajo un revestimiento y no en contacto con el suelo. Método del bastidor en L.*
- UNE-EN 335-1: 1993. *Durabilidad de la madera y de sus materiales derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 1: Generalidades.*
- UNE-EN 335-2: 1994. *Durabilidad de la madera y de sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 2: Aplicación a madera maciza.*
- UNE-EN 335-3: 1996. *Durabilidad de la madera y de sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 3: Aplicación a los tableros derivados de la madera.*
- UNE-EN 350-1:1995. *Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 1: Guía para los principios de ensayo y clasificación de la durabilidad natural de la madera.*

---

<sup>244</sup> Santiago García Alba, op. cit., pág. 79.

- UNE-EN 350-2:1995.<sup>245</sup> *Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Parte 1: Guía de la durabilidad natural de la impregnabilidad de especies de madera seleccionadas por su importancia en Europa.*
- UNE EN 351-1:1996.<sup>246</sup> *Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores.*
- UNE EN 351-2:1996. *Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 2: Guía de muestreo de la madera tratada para su análisis.*
- UNE-EN 460:1995. *Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Guía de especificaciones de durabilidad natural de la madera para su utilización según las clases de riesgo.*
- UNE-EN 518:1996. *Madera estructural. Clasificación. Requisitos de las normas de clasificación visual resistente.*
- UNE-EN 599-1:1997<sup>247</sup>. *Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Prestaciones de los protectores de la madera determinadas mediante ensayos biológicos. Parte 1: Especificaciones para las distintas clases de riesgo.*
- UNE-EN 599-2:1996<sup>248</sup>. *Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Características de los productos de protección de la madera establecidas mediante ensayos biológicos. Parte2: Clasificación y etiquetado.*
- UNE-EN 844-10:1998. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 10: Términos relativos a los hongos cromógenos y a otros ataques por hongos.*
- UNE-EN 844-11:1998. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 11: Términos relativos a las degradaciones originadas por los insectos.*
- UNE-EN 1014-3:1998. *Protectores de la madera. Cerosota y madera creosotada. Métodos de muestreo y análisis. Parte 3: Determinación del contenido en benzo (A) pireno en la cerosota.*
- UNE-ENV 1099:1998. *Tableros Contrachapados. Durabilidad biológica. Guía para la evaluación de tableros contrachapados para su utilización en las diferentes clases de riesgo.*
- UNE-EN 12490:1999. *durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Determinación de la penetración y la retención de cerosota en la madera tratada.*

---

<sup>245</sup> Importantísima norma que incorpora multitud de cuadros de especies con sus nombres científicos, vulgares, origen, densidad, durabilidad natural, impregnabilidad, anchura de la albura, etc.

<sup>246</sup> Importante norma que muestra un glosario de términos, esquemas con las clases de penetración de los productos impregnantes, árbol de decisión para la elección del tratamiento protector, etc.

<sup>247</sup> Norma muy importante, en cuanto a tratamientos protectores se refiere, ya que expone las especificaciones que deben cumplir los protectores de la madera para las distintas clases de riesgos. Ofrece, además, multitud de definiciones de términos utilizados y cuadros explicativos con los tipos de ensayos a realizar en cada caso y ante cada destructor de la madera.

<sup>248</sup> Nos informa, entre otras cosas, acerca de recomendaciones sobre los protectores.

- UNE 56402:1992. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia preventiva contra larvas recién nacidas de Hylotrupes Bajulus (Linnaeus) Método de laboratorio.*
- UNE 56403:1992. *Protectores de la madera. Determinación del umbral de eficacia contra larvas recién nacidas de Hylotrupes Bajulus (Linnaeus) Método de laboratorio.*
- UNE 56404:1992. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia curativa contra larvas de Anobium Punctatum (De Geer). Método de laboratorio.*
- UNE 56406:1992. *Protectores de la madera. Pruebas de envejecimiento acelerado de las maderas tratadas antes de los ensayos biológicos. Prueba de evaporación.*
- UNE 56408:1982. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia curativa de un protector contra larvas de Hylotrupes Bajulus (Linnaeus).*
- UNE 56410:1992. *Protectores de la madera. Determinación del umbral de eficacia contra Reticulitermes Santonensis de Feytaud. Método de laboratorio.*
- UNE 56411:1992. *Protectores de la madera. Determinación de la eficacia preventiva contra Reticulitermes Santonensis de Feytaud. Método de laboratorio.*
- UNE 56414:1988. *Protección de maderas. Clasificación de los protectores biocidas, atendiendo a su naturaleza.*
- UNE 56415:1988. *Protección de maderas. Clasificación de los protectores biocidas, atendiendo a su utilización. Criterios de evaluación de eficacia.*
- UNE 56416:1988. *Protección de maderas. Métodos de tratamiento.*
- UNE 56426:1991. *Documento general de introducción a los métodos de ensayo europeos (o CEN) de los protectores de la madera.*

### 2.1.7.1 Generalidades.

Normalmente se utiliza el término *duración natural*, que, según López de Roma «define la calidad de su conservación para un uso definido cuando ningún tratamiento de protección le ha sido aplicado».<sup>249</sup>

Las normas UNE utilizan el término “durabilidad natural” y lo definen como la resistencia intrínseca de la madera a los ataques por organismos destructores.<sup>250</sup>

---

<sup>249</sup> Alejandro López de Roma, “Patología y protección de la madera”, en AA. VV., *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología, Madrid, marzo, 1985, pág. 63.

<sup>250</sup> UNE EN 350-1:1995.

La madera es químicamente estable en su ambiente, por ello, su resistencia a la corrosión es considerable. Su duración al aire libre o en el agua<sup>251</sup> es prácticamente ilimitada, con tal que se la proteja contra sus parásitos vegetales y animales. Su duración, en ambientes secos y cerrados sin agentes degradantes, es prácticamente ilimitada, por eso se han conservado también los sarcófagos egipcios. Si la madera está enterrada en terrenos arcillosos se conserva muy bien, mientras que en los terrenos calizos se conserva muy mal.

En fin, la durabilidad va a depender fundamentalmente de dos factores: De sus compuestos intrínsecos y del lugar donde se encuentre, pero no va a depender de la estructura que tenga.

Definición de clases de riesgo según las normas UNE:<sup>252</sup>

- Clase de riesgo 1: El componente está bajo cubierta, completamente protegido de la intemperie y no expuesto a la humedad.
- Clase de riesgo 2: El componente está bajo cubierta, completamente protegido de la intemperie, pero puede darse ocasionalmente una humedad ambiental elevada que puede conducir a una humectación ocasional pero no persistente.
- Clase de riesgo 3: El componente se encuentra a descubierto pero no en contacto con el suelo. Puede o no estar permanentemente expuesto a la intemperie, pero en cualquier caso sometido a una humidificación frecuente.
- Clase de riesgo 4: El componente está en contacto con el suelo o con agua dulce y expuesto a una humidificación permanente.
- Clase de riesgo 5: El componente está permanentemente en contacto con agua salada.

---

<sup>251</sup> Al privársele del contacto con el aire.

<sup>252</sup> UNE EN 335-1:1993.

Duración, expresada en años, de las maderas sin tratar expuestas a la intemperie. <sup>253</sup>				
Especies.	Traviesas de ferrocarril.	Permanentemente a la intemperie, sin protección.	A la intemperie, bajo cubierta.	En ambiente siempre seco.
Abeto rojo	4 a 5	40 a 55 a 70	50 a 60 a 75	120 a 900
Pino silvestre	7 a 8	40 a 60 a 85	90 a 100 a 120	120 a 1.000
Alerce	9 a 10	40 a 65 a 90	90 a 120 a 150	< 1.800
Pinabete	4 a 5	< 50	< 50	< 900
Abedul	—	3 a 20 a 40	3 a 20 a 40	< 500
Haya	2,5 a 3	10 a 35 a 60	5 a 50 a 100	300 a 800
Roble	14 a 16 a 20	50 a 85 a 120	100 a 150 a 200	300 a 800
Aliso	—	3 a 20 a 40	3 a 20 a 40	< 400
Fresno	—	15 a 40 a 60	30 a 60 a 100	300 a 800
Chopo ( <i>Populus nigra</i> )	—	3 a 20 a 40	3 a 20 a 40	< 500
Olmo	—	60 a 80 a 100	80 a 130 a 180	< 1.500
Sauce	—	5 a 15 a 30	5 a 20 a 40	< 600



Tratamiento Tanalith a traviesas. Cortesía de Impregna, S.A



Madera, procedente de una encuadernación, atacada por insectos xilófagos.

Como material orgánico que es, la madera tiene tendencia natural a destruirse<sup>254</sup> y

se debe a varios hechos propios o ajenos que van

a determinar su longevidad.



Hongos xilófagos en Almez (*Celtis Australis*). Real Jardín Botánico de Madrid.

<sup>253</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 342.

<sup>254</sup> «La madera es un material orgánico que camina hacia su destrucción». Para más información puede consultarse (Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 241).



Puede ser atacada por hongos e insectos xilófagos<sup>255</sup>, por los rayos<sup>256</sup>, el fuego, enfermedades, etc.

Su longevidad va a depender también de sus características genéticas como robustez, raquitismo, enfermedades de la especie y las condiciones de vida que tenga o haya tenido: tipo de suelo, sequías, etc. La resistencia natural va a depender también de la extensión del duramen y de su coloración oscura<sup>257</sup>, de «la presencia y % de diferentes sustancias naturales (resinas, taninos, aceites, etc.), que impiden el desarrollo de dichos agentes [agentes degradadores], o por el contrario, a la carencia de alguna sustancia indispensable para su supervivencia».<sup>258</sup> Importante es el hecho de que con una humedad constante aparezcan los hongos de la pudrición.

Muy importantes son también (cuando la madera está apeada) las variaciones higrométricas sean brascas o no, época de apeo, el uso y tratamientos posteriores que se le vaya a dar. Pero lo que no define una mayor o menor duración es el hecho de que sea de zonas tropicales o templadas. Ni tampoco relación entre dureza y duración de una madera.

Hay maderas más o menos sensibles a ciertos agentes destructores, por eso debemos siempre nombrar él o los agentes destructores, cuando nos refiramos a la durabilidad de una madera.

Hay situaciones especiales que determinan una mayor o menor durabilidad, como ocurre con la ubicación de la especie en determinados terrenos o en el agua, pues completamente sumergidas en agua dulce pueden durar siglos:

---

<sup>255</sup> Su resistencia a ellos va a depender de la presencia de antisépticos de tipo natural o introducidos por el hombre, de la ausencia de materias nutritivas para ellos, de heridas o defectos que faciliten su establecimiento, etc.

<sup>256</sup> “El deseo del rayo es plantar en el suelo un árbol eléctrico”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 203).

<sup>257</sup> En general, las especies leñosas con duramen fuertemente coloreado tienen una duración mayor. Bastante común en las especies tropicales. Esta coloración es debida a la oxidación de las sustancias que impregnan dicho duramen. Maderas tropicales de coloración roja, por ejemplo, son el lauán rojo y el amaranto.

<sup>258</sup> Ángeles Navarrete Varela, “Exigencias en la recepción de la madera en función de las categorías de riesgo”, Ponencia de las III Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, en la revista *Acomat*, nº 53, julio-agosto, 1988, Acomat, Madrid, pág. 12.

La duración de la madera enterrada es función de la naturaleza del terreno: en arcilla y arena húmeda es donde dura más [cuatro veces más, salvo el haya]; menos en la arena seca; y muy poco en la caliza.

Sumergidas total y continuamente en agua corriente, las maderas de encina, roble, caoba y haya llegan a durar cientos de años, como lo demuestran los siglos y la existencia de los pilotes de cimentación de la ciudad de Venecia<sup>259</sup>.

#### Duración de la madera bajo el agua:<sup>260</sup>

<b>Muy durables</b> (Más de 500 años)	Pino silvestre	Aliso
	Alerce	Carpe
	Castaño	Robinia
	Roble	Olmo
<b>Bastante durables</b> (De 50 a 100 años)	Abeto rojo	Pinabete
<b>Poco o nada durables</b> (Menos de 20 años)	Arce	Chopo
	Abedul	Castaño de Indias
	Fresno	Sauce
	Tilo	

Con el fin de evitar o disminuir en lo posible la previsible degradación de la madera, a la par que amortiguar los defectos propios de ella, se comenzaron a desarrollar nuevos tratamientos para las piezas de madera a la vez que se investigaban nuevos materiales derivados de ella, tendentes a superar los problemas propios de la madera maciza.<sup>261</sup>

A pesar de todo, la madera en estado natural termina por ser atacada antes después, aunque puede haber diferencias notables: «(...) Así, por ejemplo, la Akoga, el pino tea de Canarias, el mangle, etc. son prácticamente imputrescibles, mientras otras [especies], como los chopos se pudren rápidamente»<sup>262</sup>. La durabilidad también va a depender de una

<sup>259</sup> F. Cassinello, op. cit., pág. 43.

<sup>260</sup> Según Franz Kollmann, op. cit., pág. 344.

<sup>261</sup> Véanse los capítulos o puntos “Algunos tratamientos aplicados a la madera para mejorar sus propiedades mecánicas”, “Tableros”, “protección”, en los que se hace hincapié en cómo se salvan o se intentan salvar los problemas derivados de la propia naturaleza de la madera. Muy interesante y completo el artículo de Fernando Peraza, “Evolución de la protección de la madera”, *Aitim*, n° 206, julio-agosto, Madrid, Aitim, 2000, págs. 19-29.

<sup>262</sup> César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, n° 57, mayo-junio, 1954, Montes, Madrid, pág. 199.

correcta conservación del material. Ahí tenemos a la Gioconda de Leonardo pintada sobre tablero de chopo, y estamos hablando de principios del siglo XVI.

La degradación de la madera puede producirse de varias formas:

1. Desgaste mecánico: producido por el uso.
2. Degradación física: la más usual es el fuego, pero la luz también produce efectos no deseados.
3. Degradación química: Los ácidos y las bases fuertes pueden llegar a disolver los elementos constitutivos (celulosa, lignina) y desfibrar la madera o degradarla de tal manera que quede inútil. Método utilizado para obtener fibras, para proceder a su análisis o para la fabricación de pasta de papel.
4. Degradación biológica: La producida por hongos, insectos y bacterias.

Agentes biológicos que pueden atacar a la madera:

Hay especies con resistencia natural en su duramen frente a xilófagos, a parte de que cuanto más dura es la madera menos sensible es a los xilófagos:

(...)How durable is Cypress? Durability has long been one of the outstanding qualities of cypress. The reason is a natural preservative oil known as "cypressene", which gives the heartwood resistance to insects and decay. Cypress' longevity is well-documented (...)<sup>263</sup>

Otras especies como el cedro rojo del Pacífico posee en su duramen una sustancia, de la que ya hablamos, muy tóxica para los insectos llamada  $\alpha$ Thujaplicin. Dicha sustancia no se ha encontrado en ninguna otra especie.

Como hemos comentado, la madera es sensible a los xilófagos, tanto a los hongos como a los insectos pero algunas especies son más resistentes que otras por las razones ya expuestas.

---

<sup>263</sup> Literatura técnica de Morris Farms Cypress Sawmill, "How durable is Cypress?", Southern Cypress Manufacturers Association, Baxley, Georgia, S.F.

- Hongos<sup>264</sup>.

- Hongos destructores de la madera.
  - Hongos *Basidiomycetes*: Necesitan cuatro cosas para desarrollarse: aire, agua, temperatura<sup>265</sup> y alimento<sup>266</sup>.
    - De pudrición parda o cúbica: Descomponen los carbohidratos (celulosa, hemicelulosa), dejando la madera más oscura porque la lignina es más oscura que la celulosa y dejando, a la vez, a la madera menos resistente en forma de cubos.
    - De pudrición blanca: Descomponen la mayor parte de los componentes de la pared celular. Deteriora la celulosa, la lignina queda desfibrada y la madera adquiere coloración clara. Se mantiene la forma pero las paredes pierden grosor.
  - Hongos de pudrición blanda: Madera esponjosa. Pertenecen al siguiente grupo de cromógenos pero no parece estar muy clara esta subdivisión. La pared celular se llena de canalillos porque las enzimas la digieren
- Hongos cromógenos de la madera o que no producen pudrición: Sus hifas se alimentan del almidón del lumen. Se desarrollan sobre la superficie.
  - Hongos de azulado<sup>267</sup>: El más frecuente es el género *Ceratocystis*. No afectan a las propiedades mecánicas de la madera. Cambia el color por refracción.
  - Mohos: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, etc. No afectan a las propiedades mecánicas de la madera. El de color negro-verde es el más común.

- Insectos.

---

<sup>264</sup> Información ampliada en norma UNE EN 335-1:1993.

<sup>265</sup> La congelación los frena pero no los mata. A unos 60° C mueren, pero esa temperatura puede afectar a la obra.

<sup>266</sup> Al llenar la madera de preservativos lo que estamos haciendo realmente es envenenar los nutrientes de estos hongos.

<sup>267</sup> Podemos usar protectores a modo de imprimación del tipo *Corpol Imprimación de Fondo*, de Quimunsa, que protege de insectos, hongos y hongos de azulado, en maderas tanto de interior como de exterior.

- Coleópteros: Se diferencian por las galerías, por el polvillo que producen. Dejan pelets fecales.
  - Hylotrupes bajulus (carcoma grande).
  - Anobium punctatum (carcoma).<sup>268</sup>
  - Xestobium rufovillosum.
  - Lyctus brunneus.
  - Hesperophanes spp.
- Isópteros:<sup>269</sup>
  - Termitas. Subterráneas:<sup>270</sup> son las más temibles. Atraviesan todo lo que encuentran en su camino (cemento, hormigón, hierro, etc.) para llegar a la madera. Forman cordones (canales) para moverse. Se las reconoce por estos cordones y porque la galería está sucia de sus excrementos.
  - Termitas de madera seca: Se las reconoce porque la galería contiene pelets fecales. Se las fumiga con gases tóxicos.
  - Termitas de madera húmeda: Atacan al árbol en pie porque necesitan humedad
- Xilófagos marinos.
- Bacterias: proceso lento. También forman canalillos en la pared celular.

Las especies más resistentes a los hongos xilófagos son, según Kraemer Koeller<sup>271</sup>.

Maderas resistentes a los hongos xilófagos	
<b>Totalmente resistentes</b>	Palo de oro, Angelique, Palo de hierro, Guayacán, Green Heart, Sándalo, Asvarkarma, Red serayah, Caoba de Tabasco, Teca.
<b>Totalmente resistentes - Resistente en condiciones normales</b>	Acacia, Castaño, Cedro asiático, Pichpine, Pino bronco, Bocapí, Caoba de Venezuela, Ciprés, Red cipres, Tejo, Taxo.
<b>Resistente en condiciones normales</b>	Cedro del Atlas, Cedro de Oregón, Nogal venenoso, Ébano (índico, africano), Merbou, Ipil, Nogal negro, Enebro, Vunga, Mora, Embero, nogal de África, Sándalo rojo de India, Paduk, Palo rojo, Robinia, Caoba de Cuba, Tuya, Hemlockpine.
<b>Resistente en condiciones normales - Temporalmente resistente</b>	Nogal, Alerce, Abacchí, Ayous.
<b>Temporalmente resistente</b>	Abeto oloroso (americano), Chengal, Cederla, Fustete, Palo de Cuba, Palisandro Apitóng, Mora, Alerce (Melis), Akoga, Tibikushi, Letterwood.

<sup>268</sup> *Corpol Matacarcoma doble*, Es un producto de Quimunsa, que posee una potente actividad frente a estos insectos y otros xilófagos como las termitas, polillas, etc.

<sup>269</sup> Alas iguales.

<sup>270</sup> *Termistator* es un potente insecticida autoemulsionable que crea barreras antitermitas. Es también un producto de Quimunsa.

<sup>271</sup> Gustav Kraemer Koeller, op. cit., págs. 170-171.

Resistencia de algunas maderas a los insectos xilófagos y a la intemperie:

Maderas resistentes a los insectos xilófagos: <sup>272</sup>			
Resinosas		Taxodium distichum	
		Sequoia sempervirens	
Frondosas (ricas en tanino)		Encina	
		Castaño	
		Robinia	
Tropicales	Prácticamente inatacables	Bubinga	Niové
		Azobé <sup>274</sup>	Bete
		Padouk	Angelina
		Makoré	Landa
		Doussié	Coula
		Ronier	Wacapou
		Tali	Hintsy
		Eveuss	Asamblea
		Vap	Cachac
	Bastante resistentes	Teca	Angueuk
		Iroko	

Duración de la madera a la intemperie <sup>273</sup>		
Muy duraderas	Alerce	Ciprés
	Roble	Castaño
	Olmo	Morera
	Pino Oregón	Robinia
	Tejo	Nogal
	Cedro amarillo	Catalpa
	Ébano	Eucalipto
Bastante duraderas	Moa	
	Abeto rojo	Haya
	Pino silvestre	Fresno
	Pinabete	
Poco duraderas	Arce	Aliso
	Chopo temblón	Hicoria
	Abedul	Tilo
	Castaño de Indias	Chopo
	Sauce	

Fotodegradación o foto oxidación de la madera:

La radiación solar también actúa como un importante agente degradante, sobre todo cuando es rica en radiaciones ultravioleta<sup>275</sup> (dan a la madera un aspecto agrisado o tostado) e infrarrojos. Estos últimos producen cambios de color superficial pero que pueden afectar más con profundidad al degradar la lignina y al aumentar la temperatura<sup>276</sup>, desestabilizando el equilibrio higrométrico.<sup>277</sup> También se produce pérdida de brillo y aumento de rugosidad de la superficie, cambia el matiz, se producen ampollas, agrietamientos o craqueo, amarilleo, etc.

<sup>272</sup> M<sup>a</sup> Victoria Baonza Merino, "El conocimiento de las termitas como base fundamental en las exigencias del tratamiento preventivo", *Acomat*, n° 53, julio-agosto, 1988, pág. 23.

<sup>273</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 341.

<sup>274</sup> También conocido como Akoga (*Lophira Alata Banks Ex Gaertn.*). Es una madera muy durable, sobre todo su duramen, que resiste hongos y temitas. Madera muy usada en madera laminada para exteriores.

<sup>275</sup> Es una reacción de superficie. La penetración es inferior a 75µ (en la luz UV) y de 200 µ (en la luz visible), pero es un fenómeno muy lento

<sup>276</sup> Tienen una acción indirecta al producir un recalentamiento de la superficie de la madera. Esto hace que la madera se vaya degradando poco a poco.

<sup>277</sup> Si nuestra obra ha de estar expuesta al sol sería conveniente utilizar protectores pigmentados de matices claros, ya que los recubrimientos desprovistos de pigmentación, cargas, etc., se degradan más rápidamente debido al calentamiento y los pigmentados de matices oscuros atrapan más fácilmente el calor.

Duración en años de la madera en ambiente continuamente seco <sup>278</sup>	
120-900	Abeto rojo
120-1000	Pino
300-800	Fresno
	Haya
300-1100	Roble
< 400	Aliso
	Castaño
< 500	Abedul
	Chopo
< 600	Castaño de Indias <sup>279</sup>
	Mimbrera
	Tilo
< 900	Nogal
	Abeto blanco
1200	Tejo
1500	Olmo
	Cedro
< 1800	Alerce

En la madera de cierto grosor estos efectos se ven amortiguados, pero cuando se trata de derivados de la madera formados por finas láminas el ataque es mucho más fuerte.<sup>280</sup> La responsable de esta degradación es la lignina.



Enebro.



Castaño de Indias.

<sup>278</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 173.

<sup>279</sup> “El único fruto que cae de los árboles en la ciudad son las castañas de Indias... Son un hallazgo; pero son imposibles de comer, son fatales como ellas solas, son una burla, son una esquivéz muy ciudadana.” (*Greguerías Forestales*. Ramón Gómez de la Serna.)

<sup>280</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 343.

Los ultravioletas degradan progresivamente los aglutinantes (las resinas) de los productos protectores o de acabado, sobre todo aquellos que no están protegidos por pigmentos, es decir, los transparentes, de aquí la importancia de pigmentar también las traseras o reversos de nuestras obras.

Los álcalis y los ácidos también actúan sobre la madera.<sup>281</sup>

<b>Álcalis</b> (La alcalinidad protege a la madera contra los hongos)	
Álcalis diluidos	- Resiste la acción pero se produce la disolución de algunos componentes: hidratos de carbono (maltosa, almidón) y saponificación de las posibles resinas.
Álcalis concentrados	- Descomposición de pequeñas cantidades de lignina. - Con el tiempo atacan a las fibras leñosas.
Álcalis concentrados + altas temperaturas y presiones	- Ataque rápido. - Intensa hinchazón. - Así se obtiene la celulosa.

Las coníferas resisten mejor el ataque que las frondosas:

<b>Ácidos<sup>282</sup></b> Muy resistente a los ácidos. Las fibras se destruyen a partir de un pH $\leq 2$ <sup>283</sup>		
Tipo de ácido	Aplicación	¿Resiste?
Piroleñoso		No
Acético		Hasta el 50-80%
Carbónico		Sí
Cítrico Ftálico (tánico) Láctico Oxálico Salicílico		Sí
Clorhídrico		Hasta 5% casi todas, pero a partir del 15% se destruyen todas.
Fluorhídrico		A los vapores.
Nítrico	En caliente ataca a todas las maderas	Las coníferas aguantan hasta el 5%. Al 25% se destruyen todas rápidamente.
Sulfúrico		Hasta el 6%. La teca y el pichpine hasta el 20%. Al 40% todas se destruyen.

<sup>281</sup> Ídem., pág. 344-351.

<sup>282</sup> Según Gustav Kraemer Koeller, op. cit., pág. 176-178.

<sup>283</sup> Es más resistente que el hierro (en aleación normal) y el hormigón ya que éstos, a partir de un pH  $\leq 5$ , sufren notables daños.



Importante conocer su comportamiento frente a diversas sales, ya que vamos a utilizar muchos productos que las contienen o las vamos a usar en solución: el alumbre como mordiente, el carbonato amónico, el bórax o el amoníaco en la caseína, sulfato y carbonato cálcico en los aparejos, etc.

<b>Sales<sup>284</sup></b>			
<b>Tipo de sal</b>		<b>Aplicación</b>	<b>¿Resiste?</b>
Alumbre			Si
Lejía (hipoclorito sódico)			Las coníferas sí, pero el roble y algunas frondosas se descomponen superficialmente con el tiempo.
Sales de amonio			Si
Sales de calcio			Si
Sales de hierro	Fe Cl <sub>2</sub>		Si
	Fe SO <sub>4</sub>		
	Fe Cl <sub>3</sub>		No
Sales de potasio			Si
Sales de sodio	Sulfito sódico		No
	Bisulfito sódico	Seco	Si
	Carbonato sódico		No
	Sulfato sódico	Seco	No
Sulfato de aluminio			Si
Sulfato de cobre			Si

Importante conocer su comportamiento frente a disolventes orgánicos, ya que vamos a utilizar muchos adhesivos que los contienen, vamos a realizar transfer con algunos de ellos, etc.

<b>Disolventes orgánicos<sup>285</sup></b>			
<b>Tipo de disolvente</b>	<b>Aplicación</b>	<b>¿Resiste?</b>	<b>Efectos causados</b>
Alcohol	Frío	Si	Extracción de resinas y colorantes
Benceno, gasolina		No. Pero es reversible.	Hinchazón, disminución resistencia mecánica.
Fenol		No	Descomposición lenta.
Formalina		Si	

<sup>284</sup> Cuadro realizado según información de Kraemer Koeller, op. cit., pág. 179.

<sup>285</sup> Kraemer Koeller, op. cit., pág. 180.

Otras sustancias como ciclohexanol, etilenglicol, alcohol bencílico, acetona, butanol, etc. disuelven la lignina.

El **tratamiento artificial** de la madera trae consigo la preservación de la biodegradación y la estabilización dimensional de la madera y suele tener como fin la prolongación de la vida de la madera:

- Tratamientos superficiales o de terminación de superficie: Capa protectora en la superficie. A nosotros nos interesa principalmente su actuación en el reverso de nuestras obras (traseras):

- No tienen efecto sobre las contracciones e hinchamientos.
- Protegen de cambios de temperatura.
- De relevante importancia en el intercambio de humedad con el medio. La tasa de intercambio de agua depende de su permeabilidad que a su vez va a depender de la naturaleza química de éste, de los aditivos, grosor del film, etc<sup>286</sup>. Efectividad de algunos consolidantes: Parafina: 58%, Paraloid B72: 30%, PVA: 30%.
- Son una protección para las manipulaciones que sufra y para gases y vapores.
- Evita el stress hídrico que provoca deformaciones.
- Efectividad de algunos recubrimientos para maderas:

Hoja de aluminio y barniz.....99%

2 capas de barniz o laca .....50-85%

Aceites penetrantes y cera superficial                      10%

Solventes volátiles con resinas naturales, ceras o  
aceite secantes .....50-80%

Monómeros polimerizados .....60-90%

- Tratamientos químicos: Son los que dan mejores resultados ya que estos actúan de dos formas diferentes:

---

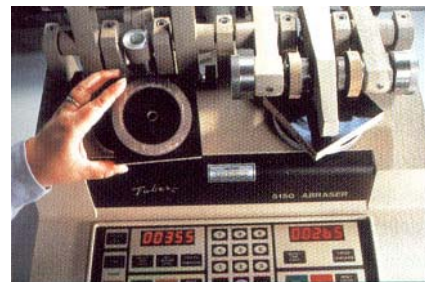
<sup>286</sup> Asimismo debemos tener en cuenta que la zona de la madera que queda expuesta, ya la madera es mucho más permeable en dirección paralela al grano que perpendicular a este.

- Unos utilizan sustancias que reaccionan con los componentes de la madera:
  - Decreciendo la higroscopicidad.
  - Produciendo modificaciones de los grupos hidroxilo, de las unidades estructurales, bajan la higroscopicidad y reducen los cambios dimensionales.
  - Con el formaldehído se produce pérdida de resistencia a la abrasión y la madera se torna quebradiza.
- Modificadores de relleno: Otros no reaccionan con los componentes sino que ocupan tanto los lúmenes de las células como los huecos (capilares) existentes en las paredes celulares. El PEG 1000<sup>287</sup> es el más usado, evita el encogimiento de la madera. Rellena y deja la estructura sin contraerse. Se estima que es estable durante 60 años.

¿Cómo debe ser ese preservante?

- De baja toxicidad.
- No volátil.
- No alterar ni descomponer la madera.
- Permanencia.
- No corroer los metales.
- No inflamable.
- No debe alterar las propiedades físico-mecánicas de la madera.
- Inodoro.
- Fácil de encontrar en el comercio.
- Económico.

Es evidente que no existe ninguno así.



Ensayo de resistencia a la abrasión de un tablero contrachapado.  
Cortesía de FinnForest.

<sup>287</sup> Con alto peso molecular es menos higroscópico.

### 2.1.7.2 Tratamientos protectores fluidos.<sup>288</sup>

Desde tiempos antiguos se han aplicado infinidad de sustancias a la madera para prolongar su vida útil intentado preservarla del ataque de sus mayores enemigos, tanto bióticos como abióticos: hongos e insectos xilófagos, la humedad, la acidez de los suelos (en caso de estar en contacto con ellos), los rayos ultravioleta, protegerla del fuego, etc.:

Las primeras referencias escritas que se encuentran de *Cedria* están en los autores clásicos griegos, que daban este nombre al extracto vegetal antiséptico más importante de la Antigüedad, empleado como conservante y profiláctico en distintas aplicaciones. Lo citan como un destilado de la madera del enebro oxicedro (*Juniperus oxycedrus*).<sup>289</sup>

En la actualidad se le denomina Aceite de Cada (*Oleum cadae*).

En general, todos los tratamientos aplicados (barnices, lasures, pinturas, tratamiento en autoclave, etc.) tienden a proteger la madera de uno o varios de esos enemigos.



Secado de postes antes del tratamiento con Tanalith.  
Cortesía de Impregna, S.A.

No es nuestro interés, en este trabajo, hablar de métodos y materiales de conservación y/o restauración de la madera, porque para ello hay reconocidos especialistas en la materia y excelentes manuales, sino que pretendemos informar someramente de algunos tratamientos a los que son sometidos los troncos, las trozas o la madera aserrada antes, o después, de

---

<sup>288</sup> “Protectores para maderas: son sustancias químicas utilizadas de forma aislada o en combinación para proporcionar, a las piezas de madera sobre las que se aplican, una mayor resistencia frente a la degradación por organismos xilófagos. Para algunos usos concretos, a las propiedades biocidas se añade una mejora en la resistencia frente a determinados agentes atmosféricos” (Norma UNE 56414:1988). Estos protectores están formados por diversos componentes: Principios activos: son los componentes químicos del protector que actúan de forma directa y eficaz sobre los agentes destructores bióticos. Si eliminan o inhiben el desarrollo de los hongos se denominan funguicidas, e insecticidas cuando matan o repelen a los insectos. Coadyuvantes: son productos químicos que complementan o refuerzan la acción protectora de los principios activos de un protector. Disolventes o diluyentes: son componentes volátiles del protector que sirven como vehículo para introducir en la madera los principios activos y coadyuvantes disueltos o diluidos en ellos. (Norma UNE 56414:1988). También puede consultarse la norma UNE-EN 599-1:1997.

<sup>289</sup> Joaquín Martín Diéguez, “Cedria, un nombre con siglos de historia”, *Aitim*, nº 193, Mayo-Junio, 1998, pág. 62.

su transformación, o no, en otros materiales más directamente relacionados con nosotros. Alguno de los productos que mencionaremos también se puede utilizar posteriormente en el tratamiento de, por ejemplo, contrachapados.<sup>290</sup>

Hay una gran variedad de protectores que se agrupan en función de su naturaleza, generalmente, de la siguiente manera.<sup>291</sup>

- Protectores hidrosolubles: Son mezclas de sales minerales en solución acuosa. Una vez seca la madera, queda coloreada. Se aplican sobre madera húmeda o la humedecen después del tratamiento, por lo que debe secarse después. Para exteriores: Cromo para que se fijen los protectores y cobre contra la pudrición blanda. Arsénico-boro-flúor contra Basydiomicetes. Para interiores: boro, flúor, cromo-flúor, cobre.
- Protectores hidrodispersables: Son conocidos comercialmente como emulsiones. Sus principios activos no son hidrosolubles por eso necesitan un emulsionante; después de realizada la emulsión se aplican diluidos con agua. Se aplican a madera verde o seca por medio de tratamientos de inmersión breve o pulverización. La madera no cambia de color. Compatibles con las colas.
- Protectores en disolvente orgánico: Sus principios activos son compuestos orgánicos disueltos en derivados del petróleo. Se aplican sobre madera seca por medio de distintos sistemas como pincelado, pulverización, inmersión, doble vacío, etc. No producen modificaciones en la madera ya que no la humedecen. Actualmente los más usados son las Permetrinas<sup>292</sup>, ya que son menos tóxicas para los seres humanos y el medio ambiente.
- Protectores orgánicos naturales: Se obtienen de la destilación del alquitrán de hulla (cerosotas), o de la pirólisis del petróleo. Son densos y viscosos y solo pueden aplicarse a madera seca por medio de inmersión

---

<sup>290</sup> Puede consultarse el artículo de J. Biblis, “Degradación de tableros contrachapados”, *Aitim*, nº 207, Sept-oct, 2000, Aitim, Madrid, pág. 15, en el que se hace un estudio de contrachapados fabricados con diferentes especies norteamericanas que fueron expuestos a la intemperie durante 6 años en Alabama.

<sup>291</sup> Para una información más completa vid. Norma UNE 56414:1988.

<sup>292</sup> Tiene usos como insecticida, nematocidas y acaricidas. [(3-fenoxifenil)metil-3-(2,2-diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxilato.] (Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 769).

en caliente y fría, y a presión en autoclave. Adquiere coloración oscura que se aclara con el tiempo y desprende fuerte olor.

Método de tratamiento <sup>293</sup>	Clase de protector				Madera		
	Hidrosoluble	Hidrodispersable	En disolvente orgánico	Orgánico natural	Seca	Húmeda	Notas
Pincelado o a brocha	- -	x -	- x	- -	x x	- -	El más empleado por la sencillez de su aplicación. Se utiliza con maderas secas y cepilladas y con tratamientos que requieren disolventes orgánicos.
Pulverización	x - -	- x -	- - x	- - -	- x x	x x -	
Inmersión breve o simple	x -	x -	- x	- x	- x	x -	El tratamiento dura unos pocos minutos. Utilizado en maderas estructurales, muebles, marcos de puertas y ventanas.
Inmersión prolongada	x -	- -	- x	- x	- x	x -	Para exteriores. El tratamiento puede durar varios días.
Inmersión caliente-fría	x	-	-	x	x	-	En dos fases: la primera a 90-110° C durante 6 horas y la segunda a temperatura ambiente durante, al menos, 2 horas.
Difusión	x	-	-	-	-	x	Debe estar verde, con una humedad > 60%.
Desplazamiento de savia	x	-	-	-	-	x	
Autoclave (vacío-vacío)	-	-	x	-	x	-	El más eficaz pero aumenta considerablemente los costos.
Autoclave (presión-vacío)	x	-	x	x	x	-	

La fumigación es otra opción que no deja residuos ni daña el material tratado ya que se utilizan gases.

Los tratamientos protectores fluidos<sup>294</sup> pueden ser aplicados en la superficie o aplicados con cierta profundidad o con profundidad total. Por eso los tipos de protección se van a clasificar en función del nivel de penetración que alcanza el protector.<sup>295</sup>

- Protección superficial: Es aquella en que la penetración media alcanzada por el protector es de 3 mm, siendo la mínima de 1 mm en cualquier punto de la superficie impregnable tratada.
- Protección media: Es aquella en que la penetración media alcanzada por el protector es superior a 3 mm sin llegar al 75% de la parte impregnable.

<sup>293</sup> Las características de todos estos tratamientos pueden consultarse en la norma UNE 56416:1988.

<sup>294</sup> Recordemos que existen otros tratamientos no fluidos que también protegen a la madera, como puede ser la aplicación de calor (Thermotimber.)

<sup>295</sup> Para información completa vid. norma UNE 56416:1988.

- Protección profunda: Es aquella en que la penetración media alcanzada por el protector es igual o superior al 75% de la parte impregnable.

Tipo de protección	Método de tratamiento	Tipo de protector
Superficial	Pincelado Pulverización Inmersión breve	Protectores en disolvente orgánicos hirodispersables
Media	Inmersión prolongada Inmersión caliente-fría Difusión Desplazamiento de la savia Autoclave (vacío-presión) Autoclave (Vacío-vacío)	Sales hidrosolubles. Protectores en disolventes orgánicos. Orgánicos naturales.

- **Tratamientos protectores fluidos aplicados en superficie.**

Los aplicados en superficie, generalmente, suelen ser pinturas, barnices y lasures.

Incorporando a estos productos otros agentes protectores como fungicidas, insecticidas, filtros solares contra los rayos U.V., hidrofugantes, antiazulado, etc. les estaremos dotando de una protección mucho más completa que prolongará su vida.

Las **pinturas** y los **barnices** son los productos más conocidos en nuestra profesión, pero existe un grupo de protectores, los **lasures**, que nos pueden ser útiles porque actúan a poro abierto, no sellando los poros de la misma (permite que la madera “respire” y permanezca siempre en perfecto equilibrio higroscópico con el ambiente que la rodea). Otros materiales que usamos son también permeables al vapor de agua: cartones, yeso, ladrillos y hormigón (en la pintura).

Pueden ser útiles (los lasures) para las traseras de nuestros soportes rígidos o en el caso de utilizar la madera en nuestra obra, por las buenas cualidades que poseen, pero hay que tener en cuenta que siempre será preferible el sellado del reverso para evitar problemas de retracción y turgencia.

Pueden ser solubles en agua o en disolventes orgánicos: «los lasures solubles en agua, por lo general tienen una durabilidad al exterior mayor que

la de los solventes orgánicos, debido a que la película seca tiene mayor elasticidad cuando está sometida a la radiación ultravioleta».<sup>296</sup> Los tiempos de secado para los solubles en agua son más altos, aconsejándose la aplicación de capas finas (0,1 – 0,15 mm.)

Los lasures <sup>297</sup>		
Tipología	Solubles en agua	Solubles en disolventes orgánicos (White Spirit, etc.)
<b>Composición</b>	Lasur al agua basado en <b>resinas acrílicas</b> puras en dispersión acuosa de partícula muy fina. Puede llevar incorporados pigmentos transparentes sólidos a la luz. Reforzadas con filtros de <b>óxidos de hierro</b> , estabilizadores de la luz solar, a base de absorbentes de radiaciones U.V. y aminas con impedimento estérico (HALS). Contiene principios biocidas contra la acción de hongos cromógenos (azulados), e insectos xilófagos (carcomas) y ceras hidrofugantes.	Lasur basándose en <b>resinas alquídicas</b> largas en aceite, con resinas tixotrópicas que evitan goteo. Puede llevar incorporados pigmentos transparentes sólidos a la luz. Doble protección solar con estabilizadores de aminas con impedimento estérico que inhiben la rotura de los enlaces de las macromoléculas y eliminan radicales libres (HALS). Contiene biocidas de protección contra agentes biológicos destructores de la madera. Contiene ceras hidrofugantes que aumentan la repelencia al agua.
<b>Características generales</b>	Acabado a poro abierto, microporoso. Secado rápido. Gran elasticidad. Hidrófugo regulador de la humedad, transpirable. Favorece la elasticidad dimensional. Doble protección contra la radiación U.V. Protege contra pudriciones y carcomas. Al repintarlo no necesita ser raspado ni decapado. No amarillean.	Larga duración al exterior. Acabado a poro abierto, microporoso. Gran elasticidad. Colores transparentes de pigmentos de óxido de hierro. Protege contra pudriciones y carcomas. Gran repelencia al agua. Hidrófugo regulador de la humedad, transpirable. Al repintarlo no necesita ser raspado ni decapado.
<b>Características técnicas</b>	Incoloro, colores convencionales de maderas nobles y colores vivos. Inodoro. Densidad de 1,02 a 1,08 Kg/l. Brillo satinado. pH: 9-9,5 No inflamable. Completamente soluble en agua. Seca en 30 minutos.	Colores convencionales de maderas nobles. Débil olor. Densidad de 0,860 Kg/l. Tixotrópico. Brillo satinado-brillante Soluble en White Spirit. Seca al tacto en 4-6 horas.
<b>Usos</b>	Exterior e interior.	Exterior e interior.
<b>Productos comerciales</b>	Cedria Dekor Lasur. Cedria Sol Lasur. Hydrocrom <sup>298</sup> Lasures Maderlim (grupo FKR)	Cedria Compact Lasur. Xilocrom. Lasures Maderlim (grupo FKR)

Sea como fuere es conveniente limpiar la superficie de la madera de sustancias orgánicas producidas por ella misma, antes de aplicar cualquier protector:

<sup>296</sup> “Los lasures solubles en agua”, *Aitim*, nº 211, julio-agosto, Aitim, Madrid, 2001, pág. 65.

<sup>297</sup> Fichas técnicas: “Cedria Dekor Lasur”, “Cedria Sol Lasur” y “Cedria Compact Lasur”, Literatura técnica de Cedria® Lasures-barnices, *3ABC Lasures*, Barcelona, 2000. Los dos primeros productos han sido empleados en la protección del maderamen del parque temático Terra Mítica.

<sup>298</sup> Este producto, al igual que Xilocrom son protectores de Milesi Vernici. Impregna, S.A.



Sustancias orgánicas presentes en la madera	
<b>Exudados</b> sustancias líquidas más o menos viscosas)	Resinas
	Gomas
	Gomorresinas
	Bálsamos / oleorresinas
	Aceites
	Grasas
<b>Extractos</b> sustancias sólidas incrustadas en los tejidos que es necesario extraer)	Taninos
	Colorantes
	Antioxidantes
	Oxalatos (oxalato cálcico)
	Ácido silícico
	Almidones

Hay, asimismo, especies vegetales especialmente ricas en estos productos:

Especies ricas en estas sustancias		
<b>Frondosas</b>	Iroko	<b>Tropicales</b>
	Bolondo	
	Dussié	
	Teca <sup>299</sup>	
	Niangong	
	Merbau	
	Roble	
	Castaño	
<b>Coníferas</b>	Western Red Cedar (Cedro rojo del Canadá)	
	Sequoia	
	Pino Oregón (muy resinosa)	
	Pino Melis (muy resinosa)	

Resulta imprescindible eliminarlos de la madera porque perjudican seriamente la permanencia de los posteriores recubrimientos:

(...) Entorpecen notablemente la polimerización y secado de los recubrimientos orgánicos como pinturas, barnices y lasures,

<sup>299</sup> Una de la maderas más grasas que existen es la teca (*Tectona grandis L.*) que exuda constantemente un aceite, por eso se emplea mucho en exteriores, barcos y en piezas que vayan a estar realizando trabajos en los que se produzcan rozamientos.

disminuyendo en gran medida el poder de adherencia de estos recubrimientos, e impidiendo la formación de un buen anclaje, con lo que debilitan la resistencia de la película a la acción de agentes agresivos como el sol, la humedad, los iones, etc., produciendo el consiguiente despegue de la película, junto a la aparición de grietas, ampollamientos y desprendimientos.<sup>300</sup>

Esta limpieza puede llevarse a cabo con limpiadores específicos como “Cedria Wood Net” de la casa *3ABC lasures*. Dicho limpiador es una combinación de disolventes tales como: aguarrás, alcohol, acetona e hidrocarburos.

- **Tratamientos protectores fluidos aplicados con profundidad.**

Se han utilizado muchos sistemas para incorporar a la madera los productos impregnantes con profundidad, pero los más utilizados y que mejores resultados dan en la actualidad, son los basados en la impregnación de la madera por medio del tratamiento en autoclave<sup>301</sup>. Dicho tratamiento consiste en hacer que el producto impregnante penetre en la madera de forma forzada por medio de la presión, después de haber efectuado un vacío casi total.<sup>302</sup>



Sección transversal de una conífera que ha recibido un tratamiento protector en profundidad.

El producto penetra con profundidad, llena el poro mejor que otros productos y como las sales hidrosolubles (CCA, ACZA, ACA, CCB, CFK)<sup>303</sup> precipitan inmediatamente impiden su posterior disolución.

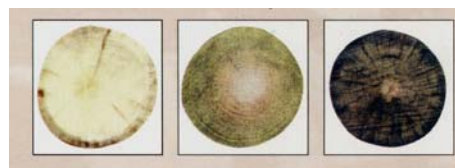
<sup>300</sup> Ficha técnica: “Cedria Wood Net”, Literatura técnica de Cedria® Lasures-barnices, *3ABC Lasures*, Barcelona, 2000.

<sup>301</sup> Es una cámara de forma cilíndrica con una puerta en uno de sus extremos, de cierre hermético, por donde se introduce el material a tratar. Esta cámara puede aguantar grandes presiones y temperaturas para realizar distintas pruebas: impregnaciones, esterilizaciones.

<sup>302</sup> Un producto protector creado específicamente para ser utilizado en autoclave es *Corpol autoclave*, de Quimunsa, que posee un carácter estabilizador dimensional de la madera, además de ejercer una acción insecticida, fungicida e hidrófuga.

<sup>303</sup> CCA: Chromated Cooper Arsenate (utilizado como protector de la estructura en madera de la montaña rusa del Parque Temático de la Warner de Madrid), ACZA: Ammoniacal Cooper Zinc Arsenate, ACA: Ammoniacal Cooper Arsenate, etc. Todas ellas hidrosolubles pero hay otros tratamientos no hidrosolubles como: creosota, creosota-petróleo, soluciones de creosota y pentaclorofenol (Penta). “[Valga como dato de interés] que el grado de retención de creosota por parte

Más recientemente se presentó una alternativa a los protectores de arsénico y cromo basada en compuestos de cobre (ACQ, Alkaline Cooper Quaternary). Las principales industrias suministradoras de estos productos a escala mundial son la Chemical Specialties Inc. y la Osmose Inc.<sup>304</sup> Este producto (ACQ) representa la nueva generación de productos protectores.<sup>305</sup>



Ejemplos de impregnación.  
Cortesía de Impregna, S.A.

Vamos a hacer una diferenciación entre dos sistemas utilizados: uno de ellos usado en el tratamiento de piezas que van a estar en contacto con el suelo y el otro en el que no lo van a estar (que es el que nos interesa a nosotros).<sup>306</sup>

**- Tratamiento para madera que va a estar en contacto con el suelo o con el agua.**

Se le suele denominar:  
Madera tratada con Tanalith  
(Tanalizada).

Definición:

La madera tanalizada<sup>307</sup>  
es toda aquella madera que  
ha sido tratada con un  
protector soluble en agua



Autoclave para aplicación de Tanalith.  
Cortesía de Impregna, S.A.,

---

de un contrachapado es del orden de 256 a 400 Kg/m<sup>3</sup>, mientras que la retención en tratamientos solubles en agua varía de 4 a 10 Kg/m<sup>3</sup>” (“CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 26.). Otras sales hidrosolubles muy usadas son: *Corpofen CCB* y *Corpofen FCB*, también de Quimunsa, que tienen carácter insecticida y fungicida.

<sup>304</sup> Para más información vid. [www.osmose.com](http://www.osmose.com) y [www.treatedwood.com](http://www.treatedwood.com).

<sup>305</sup> “Nuevos productos de protección”, *Aitim*, nº 210, marzo-abril, 2001, Aitim, Madrid, pág. 14. También es interesante el artículo aparecido en este mismo número de esa misma revista, en las págs. 17-20, “Tendencias en protección de la madera” que es una adaptación del artículo de Alan F. Preston, “Wood preservation. Trends of today that will influence the industry tomorrow”, *Forest Product Journal*, Vol. 50, nº 9.

<sup>306</sup> Información técnica facilitada por Impregna, S.A., Madrid, 2000.

<sup>307</sup> También denominada “madera impregnada por el proceso vacío/presión”. Tanalizada y Tanalith son marcas registradas de Hickson Timber Products Ltd. (H.T.P.)

denominado Tanalith<sup>308</sup>. Además este producto es el más utilizado en el mundo.

#### Características:

Dicho protector es permanente. Este tratamiento protege contra la biodegradación en cualquier situación ya sea interior o exterior, en contacto o no con el suelo o con el agua dulce o salada.

Este proceso utiliza óxidos metálicos hidrosolubles utilizado por el proceso Bethell (vacío/presión).



Autoclave para aplicación de Tanalith a postes.  
Cortesía de Impregna, S.A

Es conveniente no cortar la madera con posterioridad al tratamiento. Por ello conviene que esté totalmente elaborada. Si tuviéramos que cortarla transversalmente, se le debería aplicar el protector más concentrado.

La madera así tratada se puede encolar sin problemas cuando seca. En el caso de contrachapados, la cola empleada en su fabricación deberá ser resistente a la humedad.

Puede ser pintada o barnizada, aunque no requiere ningún acabado superficial como protección.

#### Composición del protector:

Es un compuesto de sales minerales: sales de cobre, arsénico y cromo, cuyas funciones dentro de la impregnación son las siguientes:

- El cobre actúa como fungicida.
- El arsénico como insecticida.

---

<sup>308</sup> De la firma británica Hickson Timber Products Ltd.

- El cromo actúa como fijador de las otras sales.

La disolución suele oscilar entre un 2,5 a un 3%.

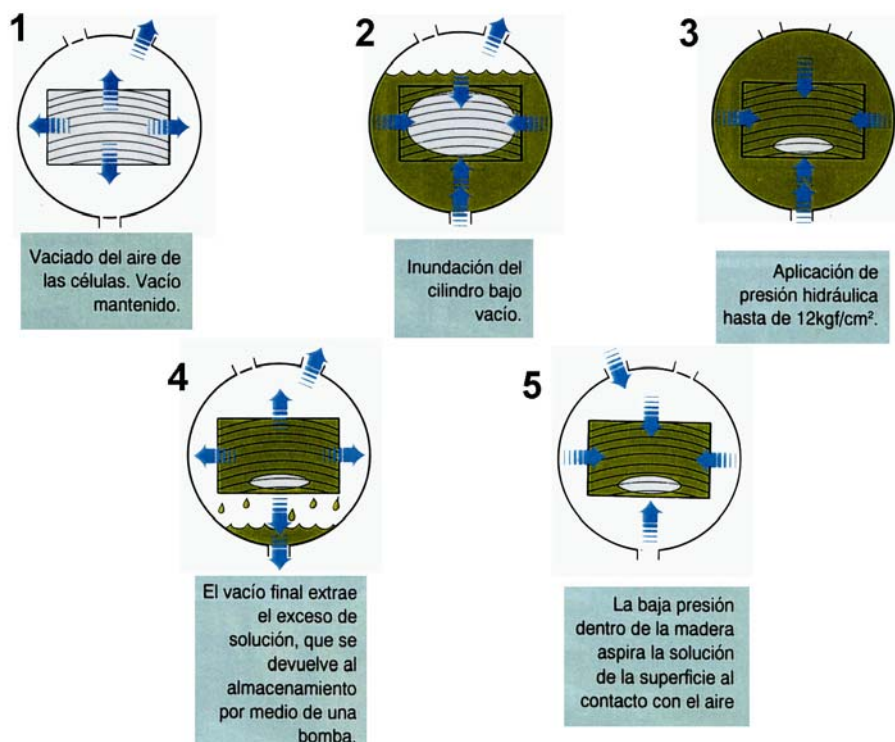
#### Proceso:



Autoclave para aplicación de Tanalith a postes.  
Cortesía de Impregna S.A.,

El proceso seguido comienza por un secado natural, hasta que la humedad de las piezas sea inferior a la del punto de saturación de las fibras.

Podemos apreciar claramente dicho proceso en los cuadros explicativos que nos ofrece la firma Impregna, S.A.<sup>309</sup>



Madera impregnada por el proceso vacío/presión.  
Cortesía de Impregna, S.A.

<sup>309</sup> Literatura técnica de la firma Impregna, S.A. sobre “Madera Tanalizada” y “Madera Vacsolizada”, correspondiente al año 2000, Madrid.



El proceso, tal y como lo lleva a cabo Impregna, S.A., consiste en inyectar el compuesto a la madera y llenar todas las fibras con el mismo. Posteriormente se procede a su almacenamiento final bajo cubierta (una vez impregnada la madera y fuera del autoclave) para que los protectores se fijen en la madera al precipitar sobre las fibras. De esta manera se hace insoluble y permanece dentro de las fibras protegiendo así a la madera de los xilófagos.



Autoclave para aplicación de Tanalith a postes.  
Cortesía de Impregna S.A.

#### Productos comerciales utilizados:<sup>310</sup>

Normalmente se trata de óxidos metálicos hidrosolubles.

- Tanalith C3310 (CCA Tipo C).
- Tanalith E (sin cromo ni arsénico).
- Producto “Extra” para dar a la madera impregnada con Tanalith repelencia al agua.



Secado de troncos después de la impregnación con Tanalith.  
Cortesía de Impregna, S.A.



- **Tratamiento para madera que no va a estar en contacto con el suelo o con el agua.**

Denominada también Madera tratada por VAC-VAC o madera tratada con Vacsol<sup>311</sup> (Vacsolizada).

<sup>310</sup> Productos comercializados por la firma Impregna, S.A.

### Características:

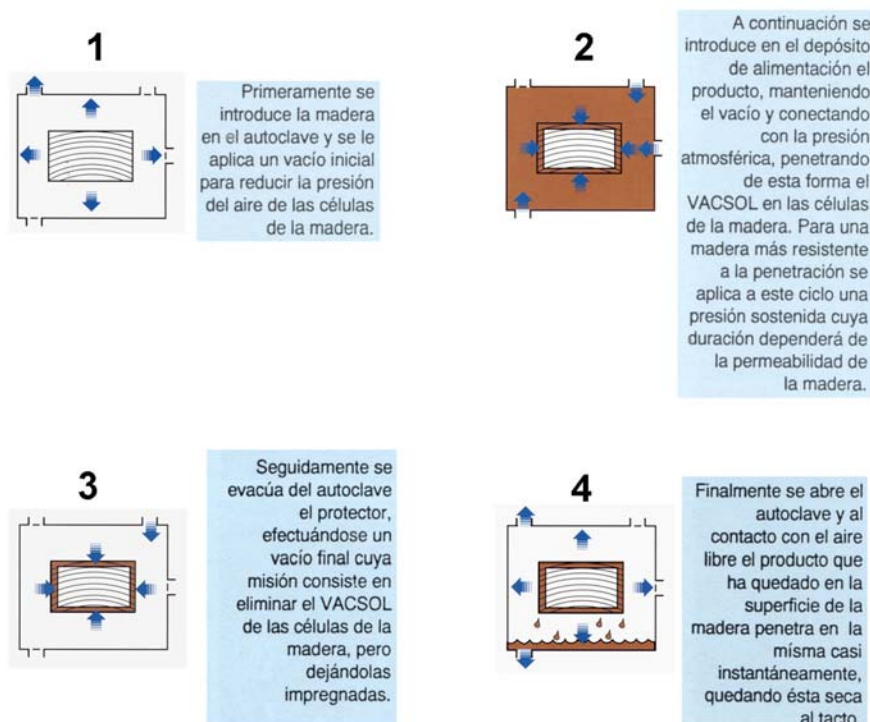
Este proceso utiliza impregnantes (Vacsol) en disolventes orgánicos, utilizados por el proceso de doble vacío por inundación. El tratamiento dura de una hora a hora y cuarto.

La madera queda protegida contra la pudrición húmeda y seca, mejorando su estabilidad dimensional.

No es aconsejable que la madera así tratada esté en contacto con el agua. Es aconsejable, por otro lado, que las piezas estén elaboradas antes del tratamiento.

Puede encolarse con todo tipo de adhesivos sintéticos. La caseína no es apta en estos tratamientos. Pero casi todas las pinturas y barnices son compatibles con estas maderas.

### Proceso:



Madera impregnada por el proceso VAC-VAC, (doble vacío y baja presión). Cortesía de Impregna, S.A.

<sup>311</sup> De la firma británica Hickson Timber Products Ltd.

### Productos utilizados:<sup>312</sup>

Se trata de productos orgánicos en disolventes, principalmente:

- Vacsol insecticida.
- Vacsol insecticida y fungicida.
- Vacsol WR insecticida, fungicida y repelente al agua.
- Vacsol Azure, biodegradable.
- Vacsol Aqua, sin disolvente, basado en emulsiones.

También se aplican productos ignífugos como:

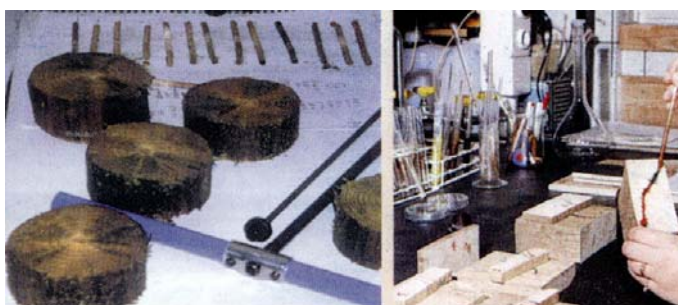
- Flamchek.
- Pyrolith K.D.
- Noncomex.

Asimismo, productos antiazulado:

- Antiblue Select.



Tratamiento de tablas con Vacsol.  
Cortesía de Impregna, S.A.



En el laboratorio se comprueba la retención final de los protectores en la madera y su penetración.  
Cortesía de Impregna, S.A.

---

<sup>312</sup> Productos comercializados por la firma Impregna, S.A.



<b>Tratamientos preservativos para el contrachapado CANPLY EXTERIOR<sup>313</sup></b>		
<b>EXPOSICIÓN</b>	<b>TRATAMIENTO PRESERVATIVO</b>	<b>APLICACIONES TÍPICAS.</b>
Contacto con agua salada expuesto a ataques de perforadores marinos.	Creosota, 400 Kg/m <sup>3</sup> , célula llena. Arseniato de cobre cromado, 40 Kg/m <sup>3</sup> . Arseniato de cobre amoniacal, 40 Kg/m <sup>3</sup> .	Compartimentos para pontones, muros de contención en los muelles, compuertas.
Sujetos a severos ataques de insectos y hongos.	Creosota, 400 Kg/m <sup>3</sup> , célula vacía o llena. Arseniato de cobre cromado, 6,4 Kg/m <sup>3</sup> . Arseniato de cobre amoniacal, 6,4 Kg/m <sup>3</sup> .	Estructuras en áreas tropicales o semitropicales que usan el contrachapado en forma de suelos, tejados y muros, paneles interiores o exteriores, componentes estructurales como vigas, etc. Vallados, zanjas permanentes, revestimientos de túneles, muros de contención, fosas sépticas y señales.
Contacto con la tierra, agua fresca, productos químicos, alta humedad.	Creosota, 160 Kg/m <sup>3</sup> , célula vacía. Arseniato de cobre cromado, 6,4 Kg/m <sup>3</sup> . Arseniato de cobre amoniacal, 6,4 Kg/m <sup>3</sup> .	Zanjas permanentes, revestimientos de túneles, muros de contención, vierte nieves, flotadores, estructuras de regadío, tanques, comederos, maceteros, revestimientos de procesos industriales húmedos, fosas sépticas, tanques de almacenaje de algunos productos químicos, cloacas industriales, tejados de fundición.
Contacto con productos químicos y alta humedad o sujeto al ataque de insectos y hongos pero no en contacto con la tierra húmeda o el agua.	Creosota, 96 Kg/m <sup>3</sup> , célula vacía. Cromato de cobre ácido, 4 Kg/m <sup>3</sup> . FCAP, 4 Kg/m <sup>3</sup> base óxido. Cloruro de zinc cromado, 7,2 Kg/m <sup>3</sup> base óxido. Arseniato de cobre cromado, 4 Kg/m <sup>3</sup> base óxido. Arseniato de cobre amoniacal, 4 Kg/m <sup>3</sup> .	Revestimientos en edificios con condiciones de humedad, uso exterior donde la ventilación pobre es conducente a la putrefacción, señales, instalaciones marinas y estructuras de botes no inmersas en el agua, usos al aire libre sujetos a repetidos cambios húmedo-seco.
Contacto con la tierra (húmeda o seca) y sujeto al ataque de insectos y putrefacción de organismos. Cuando se requieren plazos extra largos de actuación.	Arseniato de cobre cromado, 9,6 Kg/m <sup>3</sup> . Arseniato de cobre amoniacal, 9,6 Kg/m <sup>3</sup> .	Sistemas de cimentación permanente de madera.

### 2.1.8 Transformaciones o modificaciones sufridas por la madera dada su naturaleza orgánica.

La madera, como elemento orgánico que es, sufre cambios de volumen y de forma merced a dilataciones y contracciones producidas por cambios higrométricos y térmicos fundamentalmente, generando inestabilidad higrométrica constantemente, en función de esas alteraciones de temperatura y humedad.

<sup>313</sup> “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 27.

Este hecho, característico de la madera merece una especial atención ya que define perfectamente la naturaleza de la misma y condiciona totalmente su uso en los posibles campos.

Trataremos este tema en el capítulo “Aprovechamiento de la madera en bruto. Proceso de conversión”, dado lo extenso y transcendental de su contenido, de esta manera no fragmentaremos el discurso.

## **2.2 Propiedades mecánicas de la madera.**

Hay mucha literatura al respecto y no es necesario hacer ensayos.<sup>314</sup>

También aconsejables las siguientes Normas de consulta:

- UNE-EN 384:1996. *Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.*
- UNE-EN 408:1996. *Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.*

### **2.2.1 Resistencia.**

Su traducción inglesa es. strength.

Podemos definirla como la oposición de un cuerpo o una fuerza a la acción o violencia de otra.

La madera, al ser un cuerpo anisótropo<sup>315</sup>, tiene un comportamiento diferente según las direcciones y se debe a que no es un material homogéneo, se podría decir que está formada por haces de tubos que tienen una predisposición especial para resistir tensiones paralelas a las fibras. Esta peculiaridad causa una serie de ventajas y desventajas que veremos a continuación y que se atenúan o acentúan según se den o no ciertas circunstancias de las que se hace eco Camuñas:

---

<sup>314</sup> Puede consultarse el siguiente artículo en el que se hace un estudio de las propiedades mecánicas de la madera de pino silvestre de Valsain (Segovia): Adolfo Rueda Fernández, “La calidad de la madera de Valsain y sus prestaciones de alta resistencia mecánica”, *Aitim*. Nº 174, marzo-abril, Aitim, Madrid, 1995.

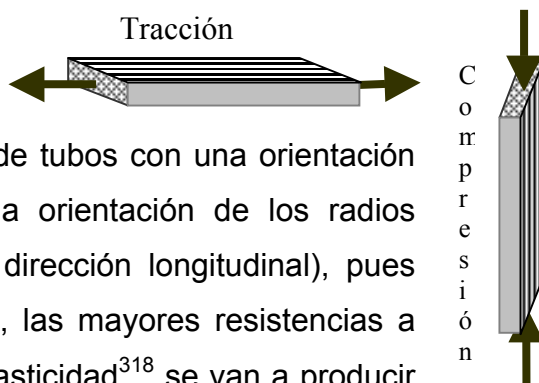
<sup>315</sup> Isótropo: De *iso-* y el griego *trópos*, dirección; se refiere a la materia que, con respecto a alguna propiedad determinada, no presenta direcciones privilegiadas. Anisótropo: de *an-* e *isótropo*, que quiere decir materia que no es isótropa, por lo tanto anisotropía quiere decir que la madera tiene un comportamiento desigual frente a una propiedad física o mecánica según la dirección que se considere (longitudinal, tangencial o radial). Esta marcada anisotropía va a marcar la dirección de los esfuerzos y como va a trabajar la pieza. Esto es fundamental, sobre todo, en la construcción.

La capacidad del material para el trabajo aumenta en proporción a la rectitud de la fibra leñosa, la compacidad, el grado de lignificación y su desecación.<sup>316</sup>

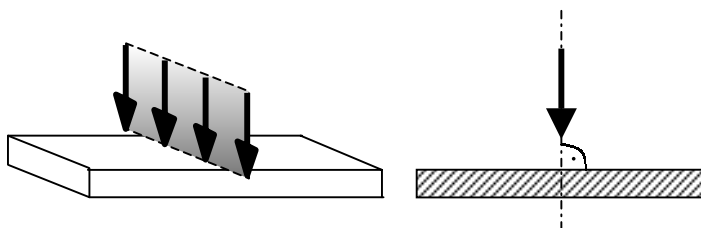
Por el contrario, la resistencia se reduce cuando aumenta la humedad.<sup>317</sup>

Con esto queremos decir que determinados defectos (que veremos más adelante) hacen disminuir las resistencias de la madera y son el producto natural del desarrollo del árbol o de despieces no apropiados realizados en los aserraderos.

Decíamos que podemos considerar la madera como un haz de tubos con una orientación principalmente longitudinal (véase la orientación de los radios leñosos que es perpendicular a la dirección longitudinal), pues bien, por esta precisa conformación, las mayores resistencias a tracción, compresión y módulo de elasticidad<sup>318</sup> se van a producir cuando los esfuerzos<sup>319</sup> son paralelos a las fibras.



No ocurre lo mismo con la resistencia a esfuerzo cortante<sup>320</sup> que obtiene su máxima en la dirección perpendicular (normal) a las fibras.



La principal utilización de la madera, para Hernández Ferrero<sup>321</sup> ha sido, como elemento resistente: “(...) salvar los vanos mediante forjados de multitud de formas y variedades” y todo esto se debe fundamentalmente a lo que él mismo comenta, a que:

<sup>316</sup> Antonio Camuñas y Paredes, *op. cit.*, pág. 227.

<sup>317</sup> Salvo la resistencia a la flexión dinámica.

<sup>318</sup> Estos tres términos se definirán un poco más adelante.

<sup>319</sup> Esfuerzo (stresses): es el conjunto de dos fuerzas iguales y antagónicas que actúan sobre un trozo elemental de una pieza. Los cuatro esfuerzos básicos son: compresión, tracción, esfuerzo cortante y torsión.

<sup>320</sup> Este concepto será definido más adelante.

<sup>321</sup> Juan Hernández Ferrero, “Consideraciones sobre la conservación de madera estructural en obras de restauración”, en AA.VV., *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, Madrid, marzo 1985, edita Mº de Cultura, pág. 31.

(...) Su relativo equilibrio de coeficiente de comportamiento entre la tracción y compresión ha hecho de ella el material idóneo para el trabajo mecánico que simultáneamente componen estos dos esfuerzos; esto es la flexión.<sup>322</sup>

De todo esto se desprende que la madera se empleó, y se emplea, en la construcción para la realización de vigas, que trabajen a flexión y de pilares sometidos a compresión.

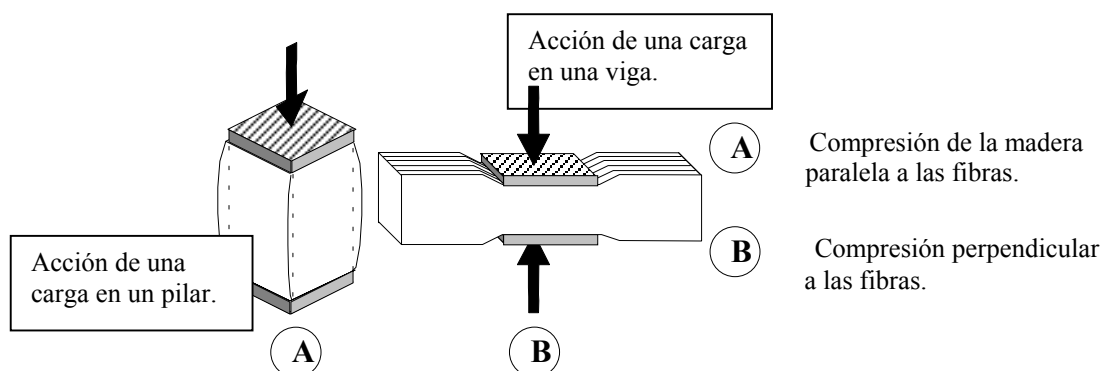
Es evidente que las características mecánicas de resistencia varían con las especies «van desde las muy pequeñas del palomero (*Musanga Smithii* R. Br.) hasta las del pino Oregón (abeto Douglas) (*Pseudotsuga douglasii* Carr.)»<sup>323</sup> Este pino puede llegar a unos 60 m de altura.

### 2.2.1.1 Resistencia a la compresión.

Su traducción inglesa es: compressive strength.

Para aclarar conceptos consultar las normas:

- UNE 56535. *Resistencia a la compresión paralela a las fibras.*
- ASTM D 143. *Resistencia a la compresión perpendicular a las fibras.*



Es la presión ejercida sobre una sustancia por una fuerza exterior que tiende a deformarla (a ocupar menor volumen).<sup>324</sup>

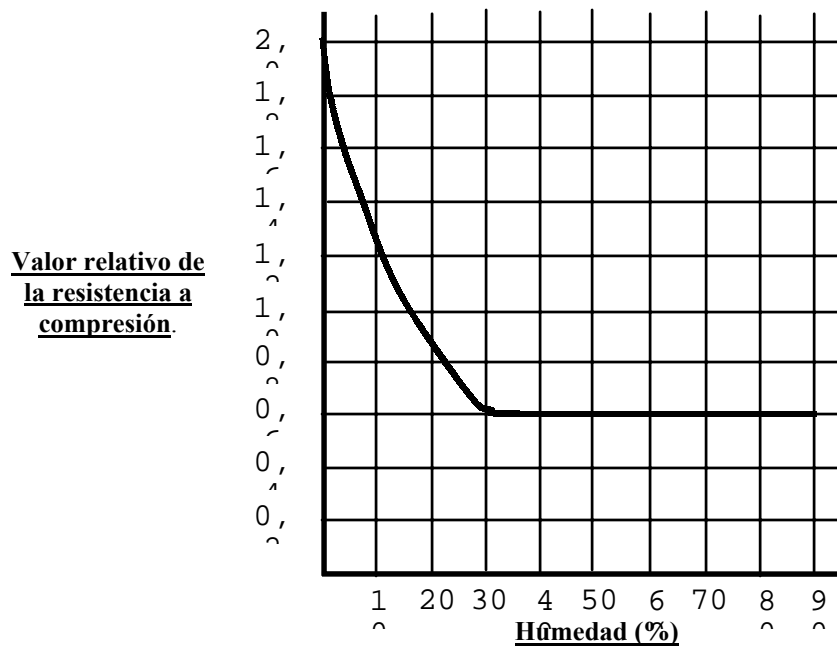
En ella influyen factores como la humedad y la dirección del esfuerzo (transversal, axial...) y el peso específico. A mayor peso específico, mayor resistencia y, como ya hemos visto, ese peso específico varía con las

<sup>322</sup> Juan Hernández Ferrero, op. cit., pág. 31.

<sup>323</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 19.

<sup>324</sup> Vid. PUTNAM, R. E. Y CARLSON, G. E., *Diccionario de arquitectura, construcción y obras públicas*, editorial Paraninfo, S. A., Madrid, 1988, y el esquema de ambos aquí reproducido.

especies; y dentro de una misma y dentro del mismo árbol<sup>325</sup>. En el gráfico incluido<sup>326</sup> se puede observar que la madera con una humedad por debajo del 30% (punto de saturación de fibras) tiene una mayor resistencia a compresión. Al aumentar progresivamente la humedad, a partir del 30%, puede apreciarse que la resistencia permanece constante.



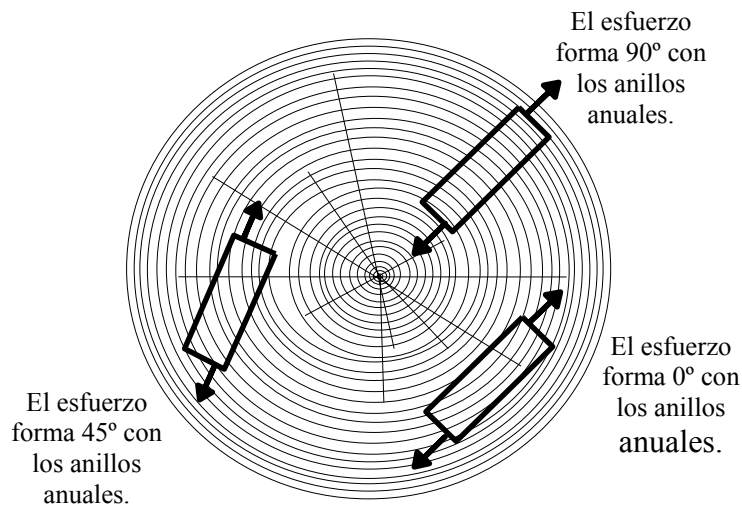
La dirección del esfuerzo aplicado a la pieza es de gran relevancia pues dependiendo de ella aumentará o disminuirá la resistencia a compresión. Si este esfuerzo se realiza en el sentido axial o longitudinal (0°) le corresponderá la máxima resistencia. Conforme se aleja de esa dirección y adopta ángulos de 45° y 90°, por ejemplo, va disminuyendo.

Colocación de las diferentes probetas en el tronco del árbol para obtener las distintas posiciones<sup>327</sup>:

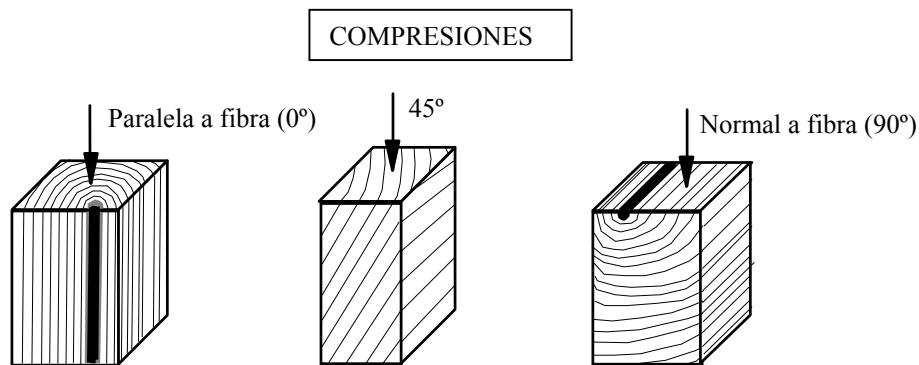
<sup>325</sup> Recordemos el esquema de densidades distribuidas en un tronco, ofrecido por Poza Lleida, en este mismo capítulo, cuando hablábamos de densidad.

<sup>326</sup> Fco Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág. 905.

<sup>327</sup> Fco Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág. 908.



En la compresión axial (en el sentido de las fibras o // a las fibras) se produce un acortamiento en la longitud mientras que se produce un ensanchamiento transversal, los haces de fibras tienden a separarse. Si aumentamos la compresión la pieza pandea y puede llegar la rotura de las fibras produciéndose fisuras longitudinales.

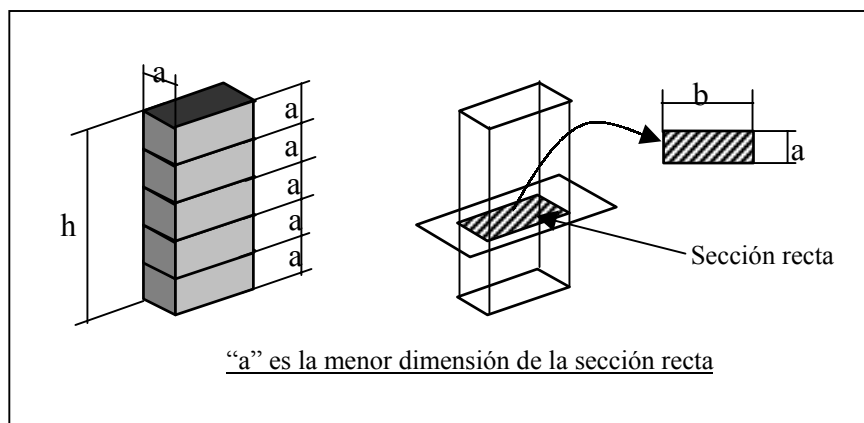


Ángulo formado por el esfuerzo con la dirección de los anillos anuales.

En las piezas comprimidas perpendicularmente a las fibras, la deformación de las mismas es muy grande, produciéndose su aplastamiento. La resistencia de la madera en este sentido es  $\frac{1}{4}$  de la dirección // a la fibra.

No se aprecia gran diferencia entre la resistencia que ofrecen las fibras en sentido tangencial de las que lo ofrecen en sentido radial. Pero sí existe una gran diferencia entre éstas y la ofrecida en sentido axial.

Se considera que la compresión es simple o pura cuando la menor dimensión de la sección recta, perpendicular al esfuerzo, es mayor o igual a  $1/5$  de la altura de la pieza.



Es evidente que este no es el caso de los listones que utilizamos para fabricar bastidores, dado que son piezas de una gran esbeltez, “(...) si esa altura  $h$  es mayor que cinco veces  $a$ , se dice que *está solicitada* por flexión compuesta, dado que el peligro de pandeo crece con la razón  $h/a$ , denominada esbeltez.”<sup>328</sup>

#### 2.2.1.2 Resistencia a la tracción.

En inglés se conoce como Flexural strength.

Puede consultarse la siguiente norma:

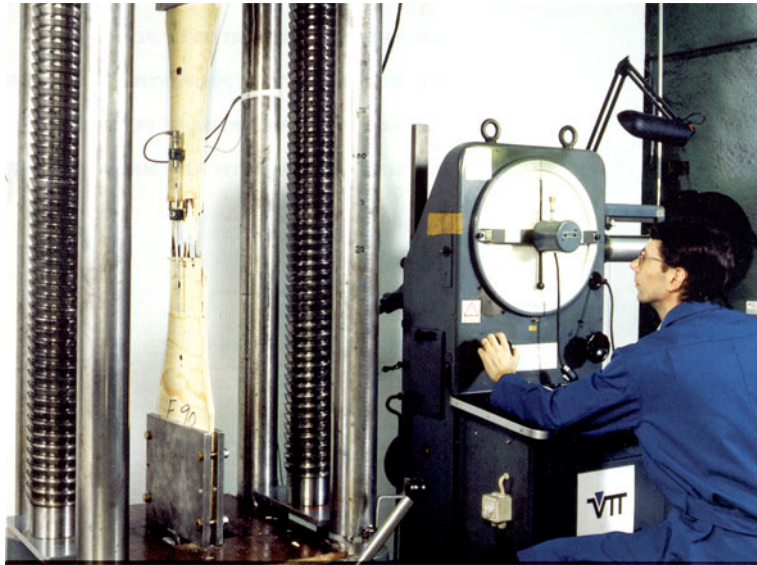
- UNE 56538. *Tracción perpendicular.*

La tracción (tension) o esfuerzo de tracción (tensile stress) es el conjunto de las dos fuerzas antagónicas que actúan axialmente sobre un cuerpo y tienden a alargarlo (o a separar los puntos sobre los que actúan). Cuando sometemos a una pieza a estos esfuerzos, se produce un alargamiento longitudinal y una estricción transversal. Ésta puede llegar a la rotura si las fuerzas continúan. En este caso, la madera es un material idóneo, pues su estructura se ordena longitudinalmente y presenta mayor resistencia que cuando actúan sobre ella fuerzas de sentido perpendicular a

<sup>328</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 227.

su fibra (debido a que el árbol posee muy pocas fibras en esa dirección, tan sólo los radios leñosos.)<sup>329</sup>

Un problema importante son las uniones cuando las piezas están sometidas a este esfuerzo.



Ensayo de tracción de un tablero contrachapado.  
Cortesía de FinnForest.

La resistencia a la tracción es más alta en la madera sin defectos y en la madera seca (12%)<sup>330</sup>. La influencia de la humedad en la resistencia a la tracción es similar a la ejercida en la compresión.

Lo que sí influye, según Arredondo<sup>331</sup> es el carácter anisótropo de la madera, siendo esta influencia mayor que en la compresión, Es decir, es mayor la diferencia entre la resistencia paralela a las fibras o perpendicular a las mismas. Ejerciendo la tracción en sentido axial se produce una deformación menor que en la compresión, presentándose la rotura de manera súbita. En la tracción se observa una mayor adherencia de las fibras y no una separación como ocurría en la compresión.

### 2.2.1.3 Flexión

En inglés se conoce como bending.

Puede consultarse la norma:

- UNE 56537.

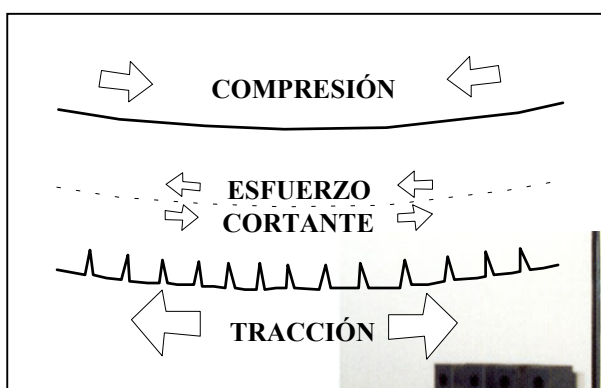
<sup>329</sup> Según Arriaga Martitegui, “(...) la madera ofrece una elevada eficacia para resistir los esfuerzos a que va a estar sometido el árbol en su vida: Flexión, por acción del viento y compresión, producida por fuerzas de gravedad (menos importantes) es lógico, pues el árbol tiene escasa necesidad de resistencia en esa dirección [normal al eje],” (F<sup>co</sup> Arriaga Martitegui et al., *Guía de la madera*, Madrid, AITIM, 1994, pág. 43).

<sup>330</sup> Según Kraemer koeller, « La resistencia contra tracción de madera húmeda es solamente un 65-80% del estado seco» (Kraemer Koeller, op. cit., pág. 61).

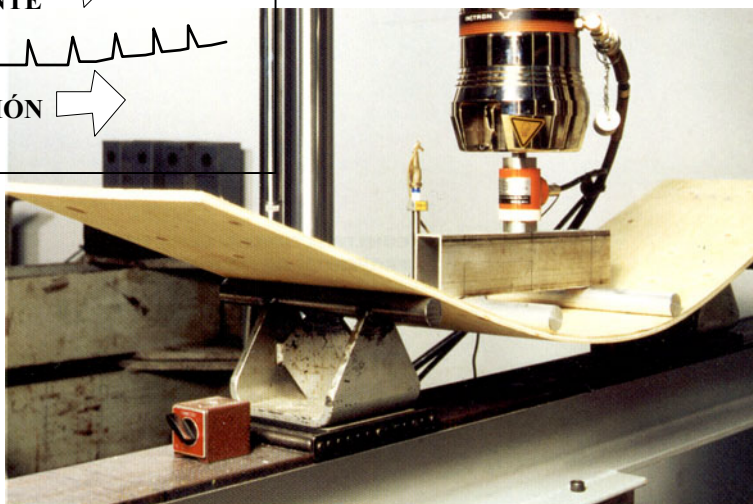
<sup>331</sup> F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág. 907.



Es la deformación que experimenta un sólido o cosa resistente (no moldeable) al doblarse o curvarse, debido a un esfuerzo aplicado sobre él. En este orden



de cosas, se originan dos esfuerzos o tensiones, uno de compresión y otro de tracción paralelos a las fibras, separados por una zona neutra.



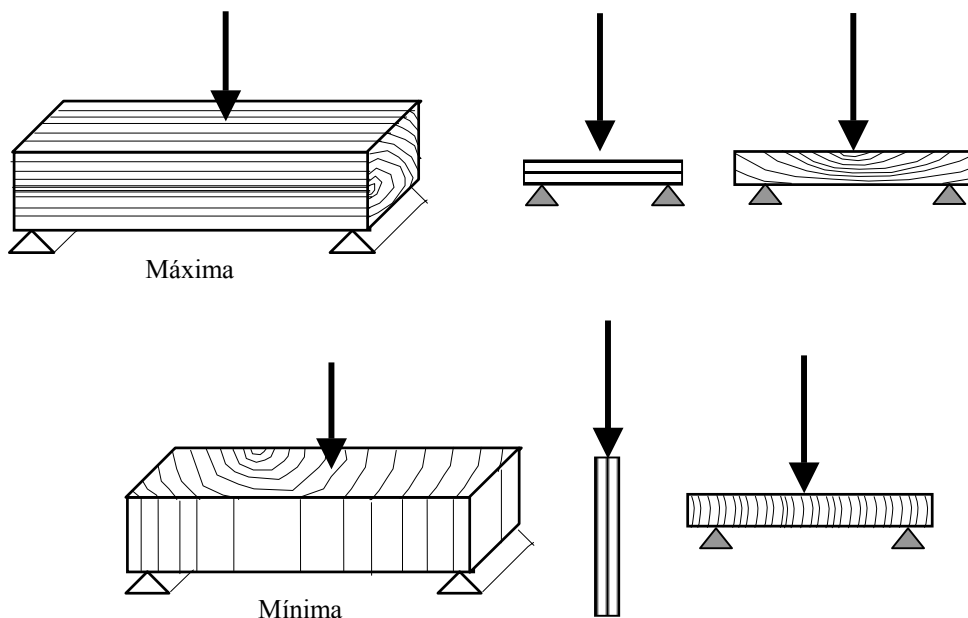
Ensayo de flexión de un tablero contrachapado. Cortesia de FinnForest.

Las fibras de la pieza sometidas a compresión sufren un acortamiento, mientras que las que lo están a tracción sufren un alargamiento, de tal manera que la rotura se puede producir por fallo de las fibras superiores o de las inferiores.<sup>332</sup>

Podemos observar la actuación conjunta de la tracción, compresión y esfuerzo cortante, cuando se somete la pieza a flexión. El esfuerzo cortante horizontal ocurre en el interior de la pieza, en la zona neutra o plano medio, que no está sometido a ninguna de esas solicitaciones. La tracción se verifica en las fibras del borde exterior o zona más alejada de la fuerza aplicada (mitad inferior.) La compresión se manifiesta en el borde interior o zona más próxima a la fuerza (mitad superior.)

<sup>332</sup> Vid., R. E. Putnam y, G. E. Carlson, *Diccionario de arquitectura, construcción y obras públicas*, editorial Paraninfo, S. A., Madrid, 1988.

La resistencia será máxima cuando la fuerza que actúa sea perpendicular a las fibras y será mínima cuando sean paralelas (la madera no resiste nada al esfuerzo de flexión en el sentido radial o tangencial):<sup>333</sup>



Para Camuñas la madera es un material que se presta a ser curvado sin grandes problemas dado que presenta grandes aptitudes para ello:

La madera presenta especial aptitud para sobrepasar su límite de elasticidad por flexión sin rotura inmediata, propiedad que la hace útil para la curvatura en usos tales como muebles, ruedas, aros, cedazos, toneles, instrumentos musicales, deportivos e industrias del mimbre. La *curvabilidad* se ve favorecida por la juventud del material y por su contenido de humedad [y por tratamientos con vapor o inmersiones en soluciones saturadas de urea (madera plástica)]. Se conceptúan maderas muy curvables: almez; curvables: abedul, fresno, haya y sauce; semicurvables: arce, abeto, castaño, chopo y pino; incurvables: castaño de Indias, plátano y tilo.<sup>334</sup>

Pero la madera puede sufrir alteraciones y no presentar una estructura homogénea<sup>335</sup> o que su longitud no coincida con la del eje árbol, por desviación de las fibras, por ej., y por esto quedan mermadas sus resistencias.

<sup>333</sup> Vid. Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., Pág. 231 y, Fco Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág. 912.

<sup>334</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., Pág. 232.

<sup>335</sup> Ya sabemos que la madera es anisótropa. Nos queremos referir, cuando hablamos de falta de homogeneidad, a nudos, fendas, pudriciones, etc.

#### 2.2.1.4 Esfuerzo cortante.

Shear, es el término en inglés.

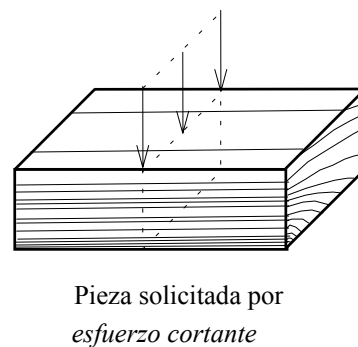
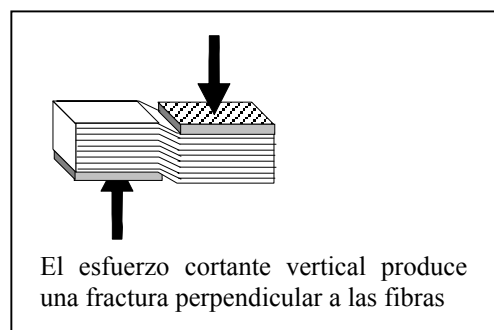
Normas que podemos consultar:

- UNE 56543. (Corte paralelo radial.)
- UNE 56543. (Corte paralelo tangencial.)

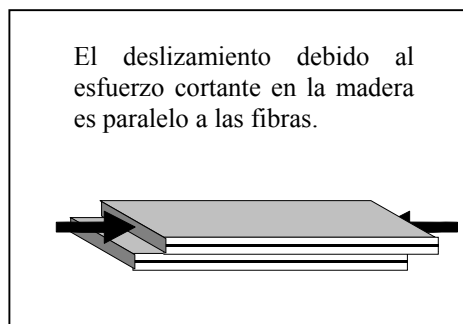
Conjunto de fuerzas iguales y antagónicas que actúan a ambos lados de un elemento y en paralelo a sus caras, originando tensiones que actúan de la siguiente manera:

- Esfuerzo cortante vertical (de cortadura): produce una fractura perpendicular a las fibras por aplastamiento.

La resistencia de la madera en esta dirección es alta.<sup>336</sup>



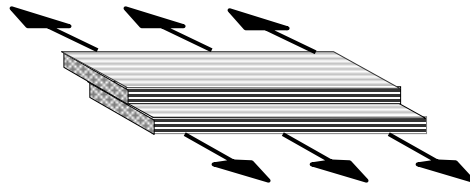
- De deslizamiento: debido al esfuerzo cortante en la madera, es // a las fibras, es decir, en la dirección longitudinal.



<sup>336</sup> Vid. Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 233 y R. E. Putnam y, G. E. Carlson, op. cit.

- De rodadura: de unas fibras sobre otras. Se suelen dar en las uniones encoladas entre el alma y el ala de viguetas con sección en doble T.

Parafraseando a Arredondo<sup>337</sup> diremos que la resistencia a esfuerzo cortante la recibe la capacidad que posee la pieza de madera para resistir esfuerzos tendentes a conseguir que una parte del material se deslice sobre otra parte adyacente a la misma.

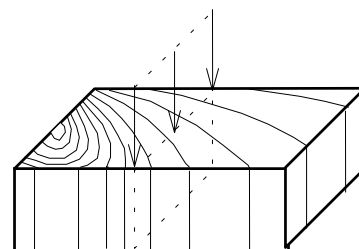


Resumiendo, todas las piezas que están sometidas a esfuerzo cortante por planos // a las fibras (o tangentes a los anillos anuales), rompen por desgarramiento (*hendibilidad*) y cuando la pieza es sometida a una fuerza situada en un plano normal (perpendicular) a ella se denomina esfuerzo cortante.

Existe una relación entre las tensiones de rotura (por esfuerzo cortante y hendibilidad) y la dureza de la madera. Camuñas<sup>338</sup> establece esta relación como sigue:

Las tensiones de rotura por esfuerzo cortante son proporcionales a la dureza de la madera y las de hendibilidad vienen a ser del 60 al 75% de las de cortadura. Son maderas hendibles las de alerce, aliso, encina, haya y pino; lo son en grado mínimo las de abedul, arce, fresno y olivo.

La hendibilidad<sup>339</sup> va a permitir el corte longitudinal y el trabajo posterior con cepillos, etc. y va a depender de la resistencia ofrecida por la madera para ser rajada en ese sentido longitudinal. La fibra corta dificulta el hendido lo mismo que los nudos (dado que se interrumpe el corte) y las maderas con fibras retorcidas o,



Pieza solicitada por  
*Esfuerzo de desgarramiento*

<sup>337</sup> F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág. 911.

<sup>338</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 233.

<sup>339</sup> El hendido es una técnica que nos permite convertir troncos en tablas o estacas sin necesidad de utilizar sierras de ningún tipo. Con esta técnica las fibras permanecen intactas puesto que se ha producido su separación por medio de un esfuerzo de tracción transversal.

no paralelas al plano de hienda; pero las fibras con alto contenido de agua (madera recién apeada, por ejemplo) aumentan la hendibilidad.

Interesa esta propiedad para la obtención de leña, pero no en piezas que deban unirse con clavos o tornillos, por ejemplo.

#### **2.2.1.5 Elasticidad.**

Se traduce como elasticity.

Es la propiedad que tienen los cuerpos de recuperar o volver a su forma original, parcial o totalmente, después de eliminar las fuerzas deformadoras (que han sido aplicadas temporalmente: tracción, torsión, flexión, etc.) La cantidad de deformación que no se recupera se denomina deformación permanente.

La elasticidad se expresa, habitualmente, por la tracción necesaria (expresada en  $\text{Kg/cm}^2$ ) para aumentar la longitud de un cilindro (de 1 cm de  $\downarrow$ ), al doble de su tamaño. A ese valor obtenido es a lo que se denomina *módulo de elasticidad (E.)*

*Módulo de elasticidad* (modulus of elasticity): (UNE 56537.) También se le denomina *módulo de Young*. (Cambio de longitud.)

Los valores de dicho módulo varían según el contenido de humedad. El hecho de cargar las maderas durante mucho tiempo acarrea deformaciones que continúan aún después de eliminada la carga, ya que no se recupera del todo su posición inicial. Un adhesivo con un módulo de elasticidad parecido, en general, al de la madera es la cola de origen animal. Esta propiedad es usada en la fabricación de instrumentos como el violín porque la cola no hace que se interrumpa la vibración a través de la madera, cosa que ocurriría con la cola blanca por tener un módulo diferente.

El módulo de elasticidad aumenta con la especie y procedencia de la pieza<sup>340</sup>, el peso específico, con el decrecimiento de la humedad y con el

---

<sup>340</sup> Según las direcciones observadas (longitudinal, radial o tangencial), la madera posee diferentes módulos de elasticidad.

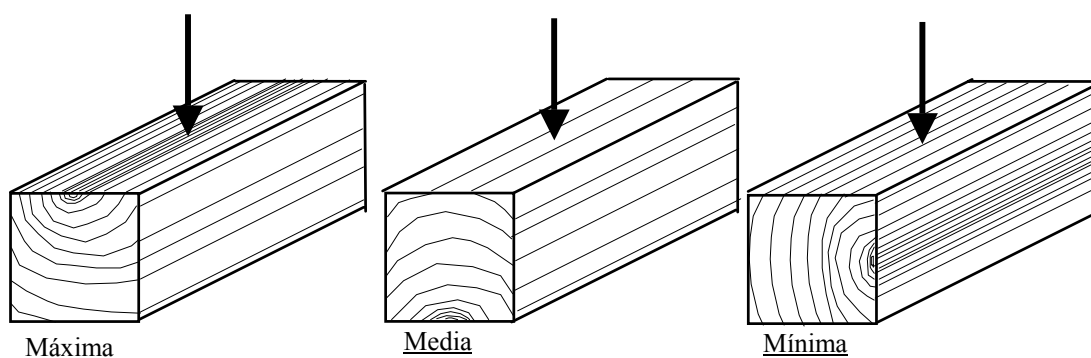
descenso de la temperatura, con la naturaleza de las sollicitaciones y direcciones del esfuerzo y con la duración de la aplicación de las cargas.

#### 2.2.1.6 Resiliencia.

Puede consultarse la norma UNE 56 536.

Es la resistencia a flexión por choque o la capacidad de una fibra de volver a su espesor tras comprimirla. Es mayor que la resistencia a flexión estática (carga que crece poco a poco.)<sup>341</sup>

#### RESILIENCIAS



La resistencia contra el choque aumenta con el peso específico y la humedad.

#### 2.2.2 Factores que influyen en las propiedades mecánicas de la madera.

Hay varios, dentro de los que se encuentran los siguientes:

- La humedad.
- La duración de la carga y la fatiga <sup>342</sup> (en el caso de que la pieza esté sometida a algún esfuerzo.)
- La calidad de la madera.

---

<sup>341</sup> Vid. <sup>341</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 234.

<sup>342</sup> Se define fatiga como la “ (...) tensión que puede soportar un material sin romperse, provocada por una carga cuya magnitud varía un número infinito de veces”, (F<sup>co</sup> Arriaga Martitegui et al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994., pág. 51). La madera es un material sumamente resistente a la fatiga. También se denomina *límite de fatiga* o *límite de endurancia*.

- La temperatura.<sup>343</sup> La dilatación que se produce varía según la dirección y especie de que se trate. Para Camuñas la madera es un material poco sensible en cuanto a dilataciones por temperatura:

(...) Está considerada como uno de los materiales menos sensibles a las variaciones termométricas, oscilando el coeficiente de dilatación entre:  $T_L = 0,04 \cdot 10^{-4}$  en su sentido [longitudinal] axial o al hilo y  $T_T = 0,50 \cdot 10^{-4}$  en su sentido transversal.<sup>344</sup>

Dicha dilatación térmica suele considerarse como despreciable<sup>345</sup>, cosa que no ocurre con otros materiales susceptibles de ser utilizados como soportes o refuerzos de obras pictóricas.

Los efectos de la temperatura no suelen ser muy grandes, pero ocurre que si la temperatura baja de 0° C las resistencias aumentan ligeramente.

## 2.3 Otras características derivadas de la propia naturaleza de la madera.

Estas otras características las conocemos bastante bien ya que convivimos, de una manera u otra, casi a diario con la madera.

### 2.3.1 Manipulación:

Quizá una de las más importantes sea lo *fácilmente manipulable* que resulta, o lo que es lo mismo, la facilidad de labra que posee. Por todos es sabido que en la madera podemos efectuar una serie de cambios que nos van a permitir gran libertad de formas sin que por ello ocasionemos pérdidas de resistencia (salvo que lo ocasionemos a



Hans Arp.  
Configuración (ombiligo, camisa y cabeza), 1927-28.  
Relieve de madera pintado.

<sup>343</sup> Cuando aumenta la temperatura, las propiedades resistentes disminuyen. Román estima que “(...) se producen reducciones del 4 al 8% cuando aumenta la temperatura 10°C”, (José Mª Román y arroyo, op. cit., pág. 234).

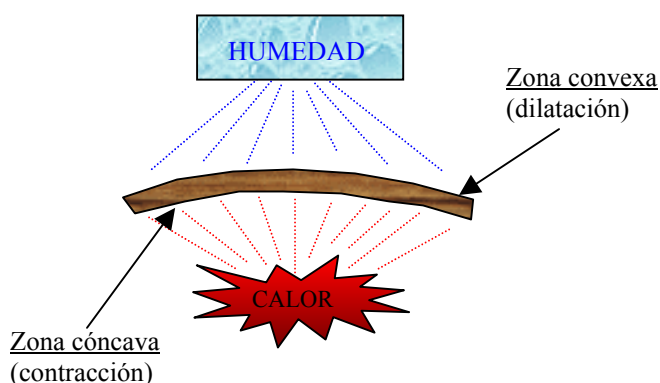
<sup>344</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 226.

<sup>345</sup> Dado que frecuentemente la dilatación viene determinada por la contracción que la pérdida de humedad origina y esto determina que la temperatura tiene escasa participación en la dilatación.

propósito, con algún fin determinado.) Podemos cortarla, hendirla o rajarla, lijlarla, cepillarla, tallarla y un sin fin de operaciones que modificarán su aspecto estético, formal, estructural, o todo a la vez. Es de las pocas materias que pueden unirse con clavos y con tornillos.

La *flexibilidad*, que poseen casi todas las especies, es otro rasgo importante que ya señalábamos y que permitirá la construcción de formas curvas susceptibles de utilización en muchos campos (construcción, diseño, soportes, refuerzos, etc.)

Se puede favorecer la curvabilidad con tratamientos para flexibilizar la madera, por medio de calor y humedad, etc.



### 2.3.2 Nobleza:

Otra característica importante que podemos apuntar, por ejemplo, es la *nobleza* del material: «la nobleza la adquiere un material por sus propiedades, por sus apariencias y por su historia»<sup>346</sup>. Es cierto, parafraseando al propio Cassinello, podemos afirmar que la madera posee su propia idiosincrasia (cada pieza de madera la tiene) ofreciendo el conjunto de especies una asombrosa variedad. Aun procediendo del mismo árbol ninguna pieza es igual a otra.

### 2.3.3 Niveles sensoriales:

Estéticamente es un material único y por eso siempre ha estado presente en nuestra vida. Puede ser disfrutada por todos los sentidos.

---

<sup>346</sup> F. Cassinello, op. cit., pág. 40.



Wood is universally beauty to man. It is the most humanly intimate of all materials. Man loves his association with it; likes to feel it under his hand, sympathetic to his touch and his eye. Good wood is willing to do what its designer never meant it to do, another of its lovable qualities ...wood, therefore, has more outrage done upon it than man has done, even upon himself.

Frank Lloyd Wright.<sup>347</sup>

La *vista* disfruta de la contemplación estética de sus vetas o aguas, nudos, coloraciones<sup>348</sup>, etc. Además algunas maderas tienen un brillo especial que va desde el satinado del arce y del plátano, pasando por el brillante de abetos, chopos y fresnos al nacarado de la acacia. Casi todas las maderas “preciosas” son aptas para el pulimento.



Acacia.

La madera admite el teñido con materias colorantes para modificar su aspecto estético. Se trata de impregnar la madera a cierta profundidad con una materia colorante que no altere su resistencia ni estructura.<sup>349</sup> Con estos procedimientos se realza la belleza de muchas especies y nos abre infinidad de posibilidades estéticas. Se utilizaron anilinas<sup>350</sup> y colorantes, vapores de productos que producían el teñido<sup>351</sup> (en el roble, por ejemplo) y también productos químicos de todo tipo. También es posible la aplicación de imprimaciones de color, pero el resultado, en este caso, sería una coloración superficial.

<sup>347</sup> In the Cause of Architecture: Wood, “The Architectural Record”, may, 1928, in Panshin et. al., *Textbook of wood technology*, Volume I, (Structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States), Second edition, McGraw-Hill Book Company, EE.UU., 1964, pág. 354.

<sup>348</sup> UNE 48 103. Ejemplos: El duramen de nogal es pardo claro: M 420, M 422, o pardo grisáceo claro: M 426. La madera de castaño es de color “amarillo claro”: M 512 y M 514. El abedul tiene la madera de color “amarillo naranja pálido”: M 542, M 546. El aliso tiene la madera de color amarillo pálido: M 514 y M 515.

<sup>349</sup> Vid., K. W. Hild, *Manual del pintor decorador*, editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1950, págs. 215 y 309.

<sup>350</sup> Solubles en agua (los más usados y más resistentes a la luz), alcohol (poco uso ya que no resisten la luz), esencia de trementina (poco resistentes a la luz) o aceite.

<sup>351</sup> Por medio de vapores de amoníaco sobre especies ricas en tanino se modifica su aspecto volviéndose más agrisado y pardusco.

Nuestra *nariz* se congratula ante el aroma<sup>352</sup> de determinadas e inconfundibles especies como el sándalo<sup>353</sup>, el alcanforero, el cedro, enebros y sabinas, etc. De estos aromas suelen ser responsables los terpenos.



Enebro (*Juniperus communis* L.)

El olor del cedro rojo, además, repele a las polillas, por eso fue muy empleado en la construcción de armarios. Las coníferas despiden un fuerte y aromático olor a resina.<sup>354</sup> Por el contrario, hay maderas que despiden olores fétidos al ser cortadas; ejemplo de ello lo tenemos en la madera de *Oreodaphne*, la de *Ocotea*, etc.

En África del Sur existen especies que, al cortarlas, provocan estornudos: *Ptaeroxylon Obliquum*.

El *gusto* descubre sabores<sup>355</sup> en maderas medicinales<sup>356</sup>, tales como el eucalipto<sup>357</sup>, además de todo tipo de cortezas, infusiones, etc. que pueden

---

<sup>352</sup> Dado que los elementos básicos constituyentes de la madera son inodoros, ese aroma característico de algunas especies se debe a sustancias que los impregnan.

<sup>353</sup> “(...) Los templos eran como ciudades, por ser refugio final de los brahmanes; el de Jagrenat tenía bosquecillos con fuentes y un ídolo en el centro constituido por Visnú, encarnado en carpintero, quien, al final del trabajo, al ser espiado por el rey, dejó su obra toscamente labrada en madera de sándalo.” (*Monumentos de la India antigua*, V. Langlés. 1821.)

<sup>354</sup> “Sólo hay un olor que puede competir con el olor a tormenta: el olor a madera de lápiz”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 136).

<sup>355</sup> Aquí ocurre lo mismo que con el olor, sus componentes son insípidos y al igual que el aroma que desprenden, acaban desapareciendo con el tiempo.

<sup>356</sup> “El que entra con fiebre en el bosque de los árboles de la quina sale fresco y sin fiebre”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 258).

<sup>357</sup> “El eucalipto es un árbol para la fe... Si alguna vez me siento morir, pediré, como los enfermos que reclaman Lourdes, que me lleven en una camilla hasta estar bajo el pavés de las hojas lánguidas, de las

prepararse con infinidad de especies. La madera de cederla y la de *Juniperus virginiana* son amargas y la del palo campeche y sándalo rojo son dulces. En cambio, la de *Libocedrus decurrens* es picante.

El oído es sensible a la calidad sonora de algunas especies como el abeto rojo (*Picea excelsa Link*), y al acondicionamiento acústico que proporcionan muchas especies.

Por último, la madera tiene un tacto cálido que nos permite estar muy cómodos cuando forma parte de nuestra vida: en nuestra casa, en los objetos cotidianos, como combustible, en el campo artístico es material configurador de esculturas, es soporte de pinturas y hacedor de marcos. En casi todas las casas está presente algún objeto de madera, muebles, suelos, etc., que, junto con las plantas y los animales domésticos, forman una pequeña parcela privada de naturaleza perdida o un recordatorio permanente de cuales han sido los orígenes de nuestra especie.

Veamos algunos ejemplos de especies de las que recibimos sus aromas, interesantes cromatismos, increíbles estructuras internas etc.



Palisandro río.



Palisandro de la India.



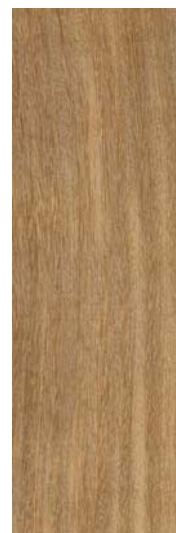
Palisandro del Brasil (Tangencial).



Palisandro del Brasil  
(Transv.)



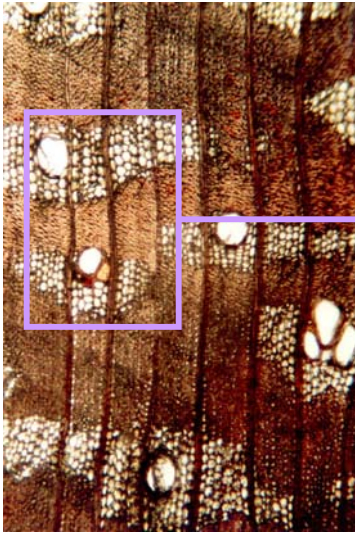
Sapelly.



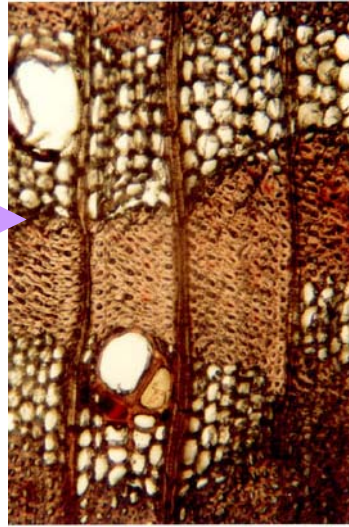
Taperiba.



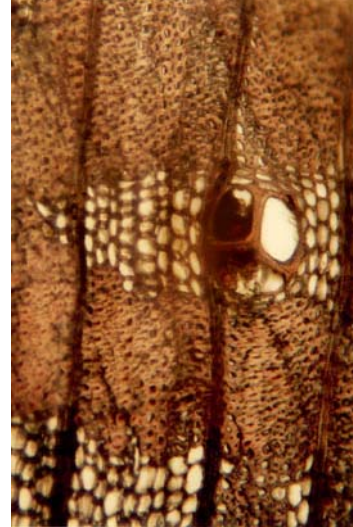
**AMARANTO (*Peltogyne* sp.)**



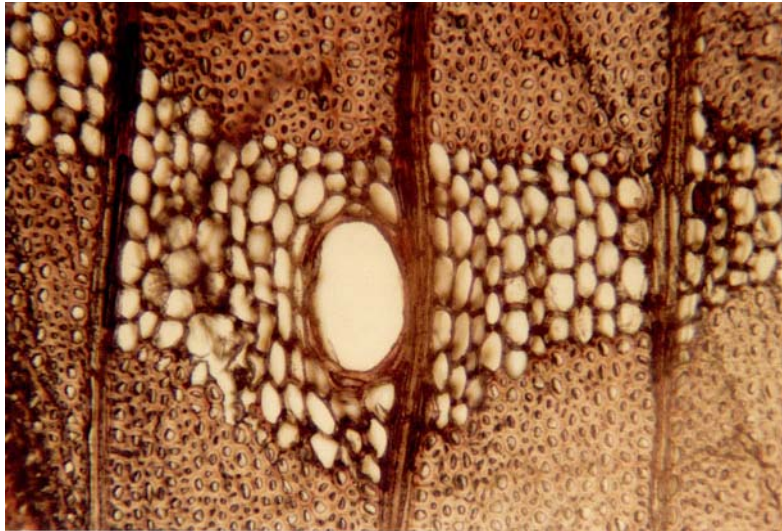
Amaranto. Transv. X 40.



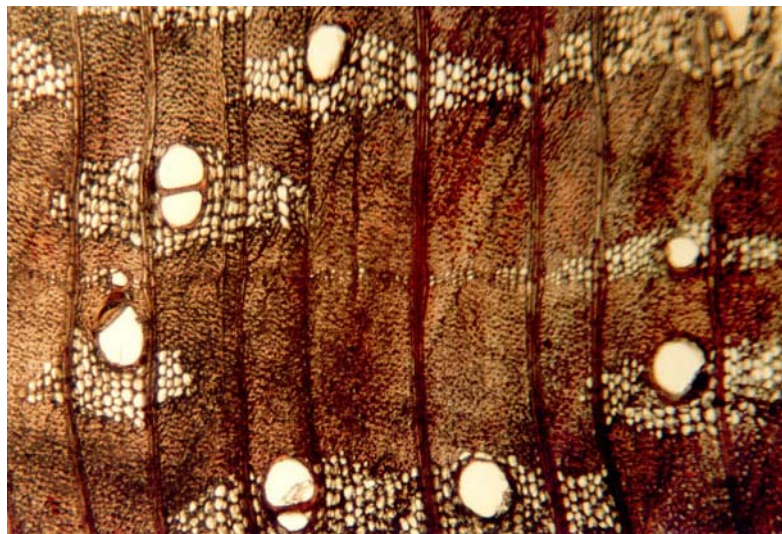
Amaranto. Transv. X 100.



Amaranto, Transv x 100.



Amaranto. Transv. X 100.



Amaranto. Transv. X 40.







Mucally.



Limoncillo. Corteza y madera.



Cerejeira (roble boliviano).



Framiré.



Jatoba.



Lauán.



Plátano de sombra. Secciones tangencial, radial y transversal.



Peral.



Mansonia.



Mongoy.



Kosipo.



Abebav.



Embero.



Cedro del Himalaya.



Melocotonero.



Sabina.





Ramín.



Ramín (Sección transv.)



Andiroba.



Morera blanca (*Morus alba* L.)



Moral.



Guayambu.



Incienso.



### 2.3.4 Acción corrosiva producida por la madera.

Viene determinada principalmente por los componentes químicos de la misma ya que, además de celulosa, hemicelulosa y lignina la madera contiene, como ya vimos, distintos componentes extractivos que pueden contener ácidos como el acético y el fórmico.

#### 2.3.4.1 Acción corrosiva producida por la madera natural.

El pH de la madera (extractos acuosos de madera fresca) se sitúa entre un 3,3 y un 6,5 pero, según Kraemer si es atacada por hongos puede bajar a cotas más ácidas, 2,5 aproximadamente o en el caso de maderas muy viejas subir hasta 7,2.<sup>358</sup> Se puede sospechar la acción de productos químicos cuando el pH excede de los valores señalados. Debido a este nivel de acidez, ciertas especies pueden producir corrosión en los metales. La madera verde es más activa que la madera más vieja, por lo dicho anteriormente. Con la madera seca no se produce ningún ataque «(...) pero aún la madera vieja puede causar daños corrosivos por la elevada humedad relativa y el incremento de la temperatura»<sup>359</sup>. La madera de frondosas despiden más ácido que la de coníferas.

Dado que la mayoría de los metales necesitan una humedad relativa del aire mínima del 65% para empezar a corroerse, la madera con menos humedad del 10% (corresponde a una humedad relativa del aire del 55%) prácticamente no puede causar dicha corrosión.<sup>360</sup>

Las especies más conocidas que causan corrosión por su reacción muy ácida son<sup>361</sup> :

- |                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| - <i>Quercus sessilifolis</i> Salisb. | } Frondosas |
| - <i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.    |             |
| - <i>Castanea dentata</i> Borkn.      |             |
|                                       |             |
| - <i>Thuya plicata</i> D. Don.        | } Coníferas |
| - <i>Pseudotsuga taxifolia</i> Britt. |             |

<sup>358</sup> Gustav Kraemer Koeller, op. cit., pág. 435.

<sup>359</sup> Gunnel Werner, "Corrosion of metal caused by wood in closed spaces", en *Recent advances in the conservation and analysis of artefacts*, University of London, Institute of Archaeology, Jubilee Conservation Conference, London, 1987, pág. 185.

<sup>360</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 356.

<sup>361</sup> Gustav Kraemer Koeller, op. cit., pág. 66.

Especies que emiten más ácido acético: roble, fresno, abedul y haya.

Las coníferas no son demasiado propensas a contener ácidos, pero algunas de sus especies sí pueden emitirlos: el cedro rojo, el Douglas Fir y el pino Oregón dan a veces extractos ácidos.

El roble y teca muy húmedos atacan fuertemente al plomo. El producto de corrosión que se obtiene al poner en contacto plomo con madera húmeda de roble, tiene casi la misma composición del **albayalde** del comercio. Los ataques se atribuyen al contenido de ácido acético de la madera de roble, así como al ácido fórmico, como a su proporción de tanino. El ácido acético produce acetato de plomo normal, que a su vez tiene la propiedad de disolver el hidróxido de plomo, el cual, en caso contrario, formaría una película protectora sobre el plomo que impediría la acción posterior del oxígeno atmosférico.<sup>362</sup>

Especies no corrosivas: caoba africana y olmo.

El hierro es el metal atacado más intensamente.

Pero también hay especies resistentes a los ácidos externos: Akoga, pino tea americano y elong.

La madera no se oxida y resiste la acción del agua salada mejor que muchos materiales.

La emisión de ácidos, y con ella la corrosión, puede ser acelerada por tratamientos de secado artificial con sales o por tratamientos de ignifugación con sales de amonio, incluso en tratamiento contra insectos y hongos. La sal es muy corrosiva y a la vez muy higroscópica.<sup>363</sup>

#### **2.3.4.2 Acción corrosiva producida por los tableros derivados de la madera.**

Además de la acción de algunos componentes de la madera natural en los metales, etc., las resinas que aglutinan las fibras, partículas, chapas, etc.

---

<sup>362</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 356-357.

<sup>363</sup> Gunnel Werner, op. cit., pág. 187.

de los tableros derivados de la madera, también despiden componentes que causan daños. Las resinas de urea y las fenólicas desprenden formaldehído y sobre todo en espacios cerrados, por eso están muy controladas las emisiones de formaldehído de los tableros destinados a fabricar muebles que puedan contener alimentos.<sup>364</sup> Cada vez se pone mayor énfasis en que las emisiones sean lo más pequeñas posibles. Los tableros derivados de la madera especifican dicha emisión y cada vez es menor. Las emisiones de los tableros de las firmas más importantes están por debajo de lo que marcan las correspondientes normas. Dichas emisiones (VOC: componentes orgánicos volátiles) contribuyen a crear el efecto invernadero, por eso la tendencia de todos los sectores a utilizar adhesivos, barnices, etc., respetuosos con el medio ambiente. Cada vez más se abandonan los productos con disolventes orgánicos y se apuesta por los que contienen agua.

---

<sup>364</sup> Vid. norma UNE-EN 120:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación del contenido de formaldehído. Método de extracción denominado del perforador.*

Materials that can release organic acids and aldehydes <sup>365</sup>		
	Material	Volatile product(s) released
<b>Wood and modified wood</b>	Various wood species	Acetaldehyde, formic acid, acetic acid, other organic acids
	Plywood	Formaldehyde, formic acid, acetic acid
	Corrugated fibreboard	Acetic acid
	Fibreboard	Formaldehyde
	Particleboard	Formaldehyde
<b>Plastics</b>	Phenolic resin	Formaldehyde
	Polyesters	Formic acid, acetic acid, other organic acids
	Acid-type silicone-based sealant	Formic acid, acetic acid
	Unvulcanized rubber	Formic acid, acetic acid
	Polysulphide rubber	Formic acid
	Urea formaldehyde insulating foam	Formaldehyde
	Polyformaldehyde	Formic acid
	Cellulose acetate	Acetic acid
<b>Adhesives</b>	Nylon-6 and 6-6	Acetic acid
	Vinyl acetate resin	Acetaldehyde, formic acid, acetic acid, other organic acids
	Acrylic resin	Acetaldehyde, acetic acid, other organic acids
	Urea formaldehyde	Formaldehyde
	Phenol formaldehyde	Formaldehyde
<b>Paints and varnishes</b>	Elastomer with hydrocarbon or ester solvent	Acetic acid
	Emulsion with a base of vinyl acetate and acrylic resins	Acetaldehyde, formic acid, acetic acid, other organic acids
	Paint with oil or alkyd resins	Formaldehyde, acetaldehyde, formic acid, acetic acid and other organic acids
	Varnish and paint with polyurethane resins from modified oil	Formaldehyde, formic acid

<sup>365</sup> Vid., Jean Tétreault, *Measuring Acidity of Volatile Products*, 1992 y, Jean Tétreault, "Matériaux de construction, matériaux de destruction," dans: La conservation préventive, Actes du 3<sup>e</sup> Colloque international, éd. par D. Guillemard, Paris, Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire (ARAAFU), 1992, págs. 163-176.

### **3 APROVECHAMIENTO TRADICIONAL DEL FUSTE.**

“Árbol nacido, toma un palmo y paga cinco.”<sup>366</sup>  
*Refranero español.*

De él vamos a obtener infinidad de productos. Vamos a organizar el capítulo hablando del origen de todos ellos, de su base, de cómo se organizan a nivel internacional, del aprovechamiento que se hace del fuste hasta convertirlo en madera de sierra, también hablamos en particular de uno ellos (la chapa) que es el origen de grandes avances tecnológicos y, por fin, hablaremos de la capa protectora que supone el corcho.

#### **3.1 ELEMENTOS BASE DE LOS PRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE LA MADERA Y DERIVADOS.**

Podemos ampliar información consultando la norma UNE-EN 1438: 1999. *Símbolos para la madera y los productos derivados de la madera.*

Vamos a comenzar definiendo los productos base y después, a todos los materiales que derivan de ellos la FAO les asignó un código identificativo que indicamos a la derecha de las tablas.

##### **3.1.1 Elementos madereros básicos.**<sup>367</sup>

Estos elementos base son los que van a constituir todos los productos hechos a partir de madera natural o de derivados de la misma.

G. G. Marra nos ofrece una clasificación<sup>368</sup> a partir de la cual podemos hacernos una idea del tipo de materia prima de la que se obtienen todos los productos de la industria de la madera, embalaje, papel, cartón, etc. Aquí no se tienen en cuenta los materiales extractivos como gomas, resinas, taninos, medicamentos, productos químicos, etc. Porque pertenecen a otro tipo de industrias que no nos interesan de momento.

---

<sup>366</sup> Hace referencia al beneficio que producen los árboles, mucho mayor que el terreno o espacio que ocupan.

<sup>367</sup> G. G. Marra, op. cit., págs. 311-315.

<sup>368</sup> Idem, pág. 312.

La clasificación se establece de mayor a menor tamaño:<sup>369</sup>

Orden: descendente de tamaños	Elementos	Posibilidad de obtención a partir de residuos	Elementos más empleados en la fabricación de soportes rígidos	Productos obtenidos de estos elementos.	Elementos intermedios en la fabricación de otros elementos
1	Trozas	NO		Todos los demás elementos	
2	Madera aserrada	NO	X	En tableros, bastidores, refuerzos, etc.	
3	Tablas delgadas (chapas gruesas)	NO	X	Embalaje.	
4	Chapas	NO	X	En tableros, chapeados, etc.	
5	Hojuelas largas (chapas cortas)	SI		Waferboard, OSB, etc.	
6	Astillas	SI			De este elemento se obtienen elementos de tamaño menor.
7	Hojuelas	SI	X	Waferboard, OSB, etc.	
8	Virutillas de madera o excelsior <sup>370</sup>	SI		Embalaje, tableros aislantes, etc.	
9	Hebras de madera	SI		Embalaje.	
10	Partículas de madera	SI	X	Tableros aglomerados de partículas.	
11	Haces de fibras	SI	X	Tableros de fibras.	
12	Fibra de papel	SI		Papel, cartón, trillajes, etc	
13	Polvo de madera(harina de madera)	SI		En perfiles, masillas, etc.	
14	Celulosa	SI		Papel, etc.	

Definición de los elementos básicos de menor tamaño según la FAO  
(Informe de 1959):<sup>371</sup>

- **Harina o polvo de madera:** (Wood flour). Partículas diminutas de madera. Madera triturada en un molino de bolas o de otro tipo hasta convertirla en una sustancia de aspecto de harina.

<sup>369</sup> En esta clasificación falta incorporar materiales como el LVL, PSL, Microllam, etc.

<sup>370</sup> Excelsior es un término estadounidense que quiere decir “virutas de embalaje”. Con aglutinantes inorgánicos formó tableros de tipo aislante.

<sup>371</sup> “Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada, *Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959, págs. 4-15.

- **Partícula:** (Particle). Porción diminuta bien definida de madera u otra materia lignocelulósica producida mecánicamente para constituir la masa con que se fabrica un tablero de madera aglomerada.
- **Astillas.** (Slivers, Splinters). Partículas de madera de sección transversal casi cuadrada o rectangular cuya longitud es por lo menos cuatro veces mayor que el grueso en el sentido del hilo de la madera.
- **Gránulo.** (Granule). Partícula cuya longitud, anchura y espesor son aproximadamente iguales, como las de serrín.
- **Hojuelas.** (Flakes). Partículas planas y delgadas hechas al hilo.
- **Lana de madera:** (Excelsior) (Wood wool). Hebras delgadas, enroscadas o ensortijadas de madera que se emplean como componente para la fabricación de tableros de madera aglomerada. También se utilizan para hacer tableros de madera-cemento y para empaquetar. Se obtienen generalmente con cuchillas cortantes, al hilo, de un cuartón, para reducirlo a cintas delgadas y angostas.
- **Strand:** Viruta relativamente larga (en comparación con el ancho y el espesor).
- **Virutas o acepilladuras.** (Shavings). Tiras finas de madera separadas con una cuchilla, cepillo, etc. Que actúa a lo largo del eje de la fibra.



### 3.1.2 Codificación de los productos madereros por la FAO.<sup>372</sup>

Nº de código	Rubro o título
<b>1</b>	<b>MADERA EN BRUTO</b>
<b>11</b>	<b>Coníferas</b>
<b>111</b>	<b><i>Trozas del fuste y las ramas principales</i></b>
1111	Trozas para aserrar y para chapas; trozas para otra elaboración
11111	Para madera aserrada y para durmientes
11112	Para chapas
1112	Trozas para su uso en rollo
<b>112</b>	<b><i>Madera en bruto del fuste y las ramas principales, excepto trozas</i></b>
1121	Para uso como materia prima de ulterior elaboración
11212	Para tableros de partículas
11213	Para tableros de fibras
11214	Para lana de madera
<b>113</b>	<b><i>Madera y biomasa arbórea excepto la del fuste y ramas principales</i></b>
1131	Copas, ramas pequeñas y leña menuda
11312	Para tableros de partículas
11313	Para tableros de fibras
1132	Tocones y raíces
11322	Para tableros de partículas
11323	Para tableros de fibras
<b>12</b>	<b>No coníferas</b>
<b>121</b>	<b><i>Trozas del fuste y las ramas principales</i></b>
1211	Trozas para aserrar y para chapas; trozas para otra elaboración
12111	Para madera aserrada y para durmientes
12112	Para chapas
1212	Trozas para su uso en rollo
<b>122</b>	<b><i>Madera en bruto del fuste y las ramas principales, excepto trozas</i></b>
1221	Para uso como materia prima de ulterior elaboración
12212	Para tableros de partículas
12213	Para tableros de fibras
12214	Para lana de madera

<sup>372</sup> *Clasificación y definiciones de los productos forestales*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1982, págs. 93-155. En este listado no incluimos una serie de productos, como el papel por ejemplo, porque queremos limitarlo al terreno que nos ocupa este trabajo. La clasificación que ofrece la FAO es demasiado exhaustiva para nuestros fines, por lo tanto limitaremos los productos a los tratados en este trabajo. La finalidad de incluir este listado es la de facilitar el acceso a la información conociendo los códigos de los productos correspondientes. La correspondiente definición de cada rubro puede consultarse en el texto de la FAO anteriormente citado.



Nº de código	Rubro o título
<b>123</b>	<b><i>Madera y biomasa arbórea excepto la del fuste y ramas principales</i></b>
1231	Copas, ramas pequeñas y leña menuda
12312	Para tableros de partículas
12313	Para tableros de fibras
1232	Tocones y raíces
12322	Para tableros de partículas
12323	Para tableros de fibras

N ° de código	Rubro o título
<b>2</b>	<b>RESIDUOS DE LA ELABORACIÓN DE LA MADERA; PRODUCTOS MADEREROS RECUPERABLES</b>
<b>21</b>	<b>Coníferas</b>
<b>211</b>	<b><i>Residuos de la elaboración de la madera maciza</i></b>
2111	Para astillas
21112	Para tableros de partículas
21113	Para tableros de fibras
<b>212</b>	<b><i>Residuos de la elaboración de la madera, excepto los de la madera maciza</i></b>
2121	Aserrín
21212	Para tableros de partículas
21213	Para tableros de fibras
2122	Virutas
21222	Para tableros de partículas
21223	Para tableros de fibras
<b>213</b>	<b><i>Productos madereros recuperables no contaminados</i></b>
2131	Para astillas
21312	Para tableros de partículas
21313	Para tableros de fibras
<b>22</b>	<b>No coníferas</b>
<b>221</b>	<b><i>Residuos de la elaboración de madera maciza</i></b>
2211	Para astillas
22112	Para tableros de partículas
22113	Para tableros de fibras
<b>222</b>	<b><i>Residuos de la elaboración de la madera, excepto de la madera maciza</i></b>
2221	Aserrín
22212	Para tableros de partículas
22213	Para tableros de fibras
2222	Virutas

N ° de código	Rubro o título
22222	Para tableros de partículas
22223	Para tableros de fibras
<b>223</b>	<b><i>Productos madereros recuperables no contaminados</i></b>
2231	Para astillas
22312	Para tableros de partículas
22313	Para tableros de fibras

Nº de código	Rubro o título
<b>3</b>	<b>ASTILLAS Y PARTÍCULAS DE MADERA</b>
<b>31</b>	<b>Coníferas</b>
<b>311</b>	<b><i>De madera en bruto</i></b>
31102	Para tableros de partículas
31103	Para tableros de fibras
<b>312</b>	<b><i>De residuos de elaboración de la madera</i></b>
31202	Para tableros de partículas
31203	Para tableros de fibras
<b>313</b>	<b><i>De productos madereros recuperados</i></b>
31302	Para tableros de partículas
31303	Para tableros de fibras
<b>32</b>	<b>No coníferas</b>
<b>321</b>	<b><i>De madera en bruto</i></b>
32102	Para tableros de partículas
32103	Para tableros de fibras
<b>322</b>	<b><i>De subproductos de la elaboración de la madera</i></b>
32202	Para tableros de partículas
32203	Para tableros de fibras
<b>323</b>	<b><i>De productos madereros recuperados</i></b>
32302	Para tableros de partículas
32303	Para tableros de fibras

Nº de código	Rubro o título
<b>4</b>	<b>MADERA LABRADA O ELABORADA SIMPLEMENTE</b>
<b>41</b>	<b>Coníferas</b>
<b>411</b>	<b><i>Madera en rollo impregnada a presión</i></b>
<b>413</b>	<b><i>Otra madera elaborada simplemente</i></b>
4133	Lana de madera
4134	Harina de madera

Nº de código	Rubro o título
<b>4</b>	<b>MADERA LABRADA O ELABORADA SIMPLEMENTE</b>
4139	Otra madera elaborada simplemente, por medios mecánicos
<b>42</b>	<b>No coníferas</b>
<b>421</b>	<b><i>Madera en rollo impregnada a presión</i></b>
<b>423</b>	<b><i>Otra madera elaborada simplemente</i></b>
4233	Lana de madera
4234	Harina de madera
4239	Otra madera elaborada simplemente, por medios mecánicos

Nº de código	Rubro o título
<b>5</b>	<b>Madera aserrada a lo largo, chapas</b>
<b>51</b>	<b>Coníferas</b>
<b>511</b>	<b><i>Madera aserrada, durmientes inclusive</i></b>
5112	Madera aserrada, no cepillada
5113	Madera aserrada, cepillada
5114	Madera aserrada con formación continua por la cara o el canto
<b>512</b>	<b><i>Chapas</i></b>
<b>513</b>	<b><i>Otra madera elaborada simplemente</i></b>
5121	Decorativas
51211	Para contrachapados (cara)
51212	Para otros fines (caras de paneles, madera aserrada, muebles)
5122	No decorativas
51221	Para contrachapados (material para cara o almas)
51222	Para otros fines (chapas en tiras, cajas de fósforos)
<b>52</b>	<b>No coníferas</b>
<b>521</b>	<b><i>Madera aserrada, durmientes inclusive</i></b>
5212	Madera aserrada, no cepillada
5213	Madera aserrada, cepillada
5214	Madera aserrada con formación continua por la cara o el canto
<b>522</b>	<b><i>Chapas</i></b>
5221	Decorativas
52211	Para contrachapados (cara)
52212	Para otros fines (caras de paneles, madera aserrada, muebles)
5222	No decorativas
52221	Para contrachapados (material para cara o almas)
52222	Para otros fines (chapas en tiras, cajas de fósforos)

Nº de código	Rubro o título
<b>6</b>	<b>Tableros de madera (incluso tableros semejantes de otros materiales lignocelulósicos)</b>
<b>61</b>	<b>Contrachapados</b>
<b>611</b>	<b><i>Madera aserrada contrachapada en chapas</i></b>
6111	Calidad para interiores coníferas
6112	Calidad para exteriores coníferas
6113	Calidad para interiores no coníferas
6114	Calidad para exteriores no coníferas
<b>612</b>	<b><i>Tableros con alma, se incluyen las placas para carpinteros.</i></b>
6121	Coníferas
6122	No coníferas
619	Otros contrachapados
6191	Coníferas
6192	No coníferas
<b>62</b>	<b>Tableros de partículas</b>
<b>621</b>	<b><i>Tableros de partículas de madera</i></b>
6211	Tableros de partículas, prensados en platos planos
62111	Tableros de partículas orientados
62112	Tableros de obleas
62119	Otros tableros de partículas prensados en platos planos
6212	Tableros de partículas delgados (proceso de calandrado continuo)
6213	Tableros de partículas obtenidos por extrusión
<b>622</b>	<b><i>Tableros de partículas de materiales lignocelulósicos, excepto de madera</i></b>
6221	Tableros de bagazo
6222	Tableros de lino
6229	Otros tableros de partículas excepto de madera
<b>63</b>	<b>Tableros de fibras</b>
<b>631</b>	<b><i>Tableros aislantes</i></b>
6311	Impregnados, o con otros tratamientos
6319	Otros tableros aislantes
<b>632</b>	<b><i>Tableros de fibras semiduros (MDF), proceso seco</i></b>
<b>633</b>	<b><i>Tableros semiduros, proceso húmedo</i></b>
<b>634</b>	<b><i>Tableros duros</i></b>
6341	Proceso seco
6342	Proceso húmedo
<b>64</b>	<b>Tableros combinados</b>
<b>641</b>	<b><i>Con alma de tableros de partículas y cara de contrachapados</i></b>
<b>642</b>	<b><i>Otros tableros combinados</i></b>

Nº de código	Rubro o título
<b>65</b>	<b>Otros tableros a partir de madera u otras materias lignocelulósicas</b>
<b>651</b>	<b><i>Tableros pegados con cemento</i></b>
6511	Tableros de partículas pegados con cemento
6512	Tableros de lana de madera y cemento
6519	Otros tableros pegados con cemento
<b>652</b>	<b><i>Tableros a partir de madera u otro material lignocelulósico, aglomerados con adhesivos minerales, excepto cemento</i></b>
<b>653</b>	<b><i>Tableros de paja</i></b>
<b>659</b>	<b><i>Otros tableros a partir de madera u otro material lignocelulósico</i></b>

Nº de código	Rubro o título
<b>10</b>	<b>Corcho en bruto, semielaborado y elaborado</b>
<b>101</b>	<b><i>Corcho en bruto</i></b>
1011	Corcho virgen en planchas
1012	Corcho para reproducción en planchas
1013	Trozos pequeños, desechos y desperdicios de corcho
<b>102</b>	<b><i>Corcho semielaborado</i></b>
1021	Corcho en bloques
1022	Corcho en trozos
<b>103</b>	<b><i>Corcho elaborado</i></b>
1031	Corcho aglomerado incluso tableros de corcho
1032	Otro corcho elaborado

### 3.2 APROVECHAMIENTO DE LA MADERA EN BRUTO: PROCESO DE CONVERSIÓN DE LA MADERA EN BRUTO EN MADERA DE SIERRA.

Se recomienda consultar las normas siguientes:;

- UNE-EN 336:1995. *Madera estructural. Coníferas y chopo. Dimensiones y tolerancias.*
- UNE-EN 338:1995. *Madera estructural. Clases resistentes.*
- UNE-EN 518:1996. *Madera estructural. Clasificación. Requisitos de las normas de clasificación visual residente.*
- UNE-EN 519:1998. *Madera estructural. Clasificación. Requisitos para la madera clasificada mecánicamente y para las máquinas de clasificación.*
- UNE-EN 844-1:1996. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 1: Términos generales comunes a la madera aserrada y a la madera en rollo.*

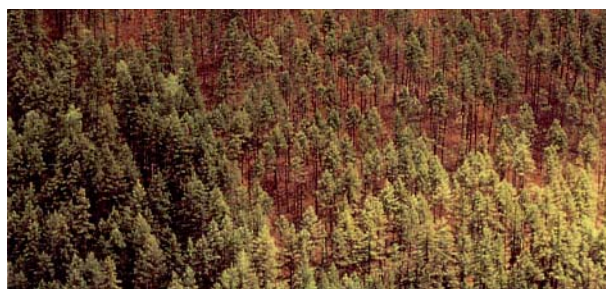
- UNE-EN 844-2:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 2: Términos generales relativos a la madera en rollo.*
- UNE-EN 844-3:1996. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 3: Términos generales relativos a la madera aserrada.*
- UNE-EN 844-4:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 4: Términos relativos al contenido de humedad.*
- UNE-EN 844-5:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 5: Términos relativos a las dimensiones de la madera en rollo.*
- UNE-EN 844-6:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 6: Términos generales relativos a la madera aserrada.*
- UNE-EN 942:1996. *Madera en elementos de carpintería. Clasificación general de calidad de la madera.*
- UNE-EN 975-1:1996. *Madera aserrada de frondosas. Clasificación por aspecto. Parte 1: Haya y roble.*
- UNE-EN 1309-1:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Método de la medida de las dimensiones. Parte 1: Madera aserrada.*
- UNE-EN 1310:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Método de la medida de las singularidades.*
- UNE-EN 1312:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Determinación del volumen de un lote de madera aserrada.*
- UNE-EN 1313-1:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Dimensiones recomendadas y desviaciones admisibles. Parte 1: Madera aserrada de coníferas.*
- UNE-EN 1313-2:1999. *Madera aserrada y madera en rollo. Dimensiones recomendadas y desviaciones admisibles. Parte 2: Madera aserrada de frondosas.*
- UNE-EN 1315-1:1997. *Clasificación dimensional. Parte 1: Madera en rollo de frondosas.*
- UNE-EN 1315-2:1997. *Clasificación dimensional. Parte 2: Madera en rollo de coníferas.*
- UNE-EN 1316-1:1997. *Madera en rollo de frondosas. Clasificación de calidades. Parte 1: robles y haya.*
- UNE-EN 1316-2:1997. *Madera en rollo de frondosas. Clasificación de calidades. Parte 2: Chopo.*
- UNE-EN 1316-3:1998. *Madera en rollo de frondosas. Clasificación de calidades. Parte 3: Fresno y arce.*
- UNE-EN 1611-1:2000. *Madera aserrada. Clasificación por el aspecto de la madera de coníferas. Parte 1: Piceas, abetos, pino y abeto de Douglas europeos.*
- UNE-EN 1912:1999. *Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de especies y calidad visuales.*
- UNE-ENV 1927-1:1999. *Clasificación de calidad de la madera en rollo de coníferas. Parte 1: Piceas y abetos.*
- UNE-ENV 1927-2:1999. *Clasificación de calidad de la madera en rollo de coníferas. Parte 2: pinos.*
- UNE-ENV 1927-3:1999. *Clasificación de calidad de la madera en rollo de coníferas. Parte 3: Alerces y abetos de Douglas,*
- UNE 56544: 1997. *Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural.*

El próximo cuadro nos puede dar una idea de la producción de madera aserrada en 1.991, comparándola con la producción de los tableros derivados de la madera más usuales:

<b>(1.991)<sup>373</sup></b>	<b>Madera aserrada</b>	<b>Chapas y contrachapados</b>	<b>Tab. aglomerados</b>	<b>T. Fibras</b>
<b>Finlandia</b>	5.984.000	475.000	385.000	109.000
<b>España</b>	2.899.000	215.000	1.713.000	525.000
<b>Países desarrollados</b>	348.147.000	32.902.000	45.353.000	17.380.000
<b>Países en vías de desarrollo</b>	109.330.000	19.862.000	4.353.000	2.821.000
<b>Todo el mundo</b>	457.477.000	52.764.000	49.459.000	20.201.000

La madera de los árboles muertos<sup>374</sup> en pie carece de valor, tanto constructivo, como de cualquier otra índole, por haber perdido consistencia y elasticidad, volviéndose de esta manera excesivamente quebradiza. Inutilizada pues este tipo de madera, será necesario obtenerla por otras vías.

El proceso seguido para obtener materia-madera de los árboles es un tanto complejo porque debe basarse en un perfecto aprovechamiento de la materia prima y esto lleva consigo racionalizar los procesos.



Bosque de Spruce-pine-fir y Douglas fir.  
Cortesía de Ainsworth Lumbre Co. Ltd., British Columbia, Canadá.

En la actualidad países muy avanzados tecnológicamente en este sector (Finlandia, Canadá, USA) elaboran complejos programas informáticos

<sup>373</sup> Cifras obtenidas de “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., págs. 25 y 31 y referidas al año 1992.

<sup>374</sup> “Ese árbol seco, del que no queda sino el tronco cercenado, pretendería la inmortalidad de ser una columna... Es la gran ilusión postrera del árbol... ¡Llegar a ser una columna!... Porque las columnas son como las estatuas de los árboles, el monumento que recuerda los heroicos y profundos.” (*Greguerías Forestales*. Ramón Gómez de la Serna.)

encaminadas a mejorar el rendimiento de sus aserraderos. Utilizan el sistema GPS (Global Positioning System) para determinar las zonas a actuar, o localización de determinados sectores.

En España, en 1996, existía ya uno de los aserraderos más modernos de España, en Santiago de Compostela. Hay que decir que tres años antes se contabilizaron unos 432 aserraderos en las provincias gallegas.<sup>375</sup>



Red Pine, a la izquierda y White Spruce (*Picea Abies*), a la derecha.

Cortesía de Finnish Timber Council  
Metsäntuotajat Oy. Finlandia.

mejor aprovechamiento del material. De esta manera se optimiza la producción y se pueden talar menos árboles para obtener el mismo rendimiento<sup>376</sup>.

Las líneas de aserrado se componen de maquinaria especializada que cada vez va siendo más sofisticada, por la apoyatura que tiene de esos medios informáticos que comentábamos, y de maquinaria cada vez más precisa.

---

<sup>375</sup> Carlos Baso López, “La cadena de la madera en el País Vasco y Galicia”, *Aitim*, Enero-Febrero, n° 179, 1996, Aitim, Madrid, pág. 29.

<sup>376</sup> “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 161.



Pero las líneas clásicas de fabricación de madera aserrada se

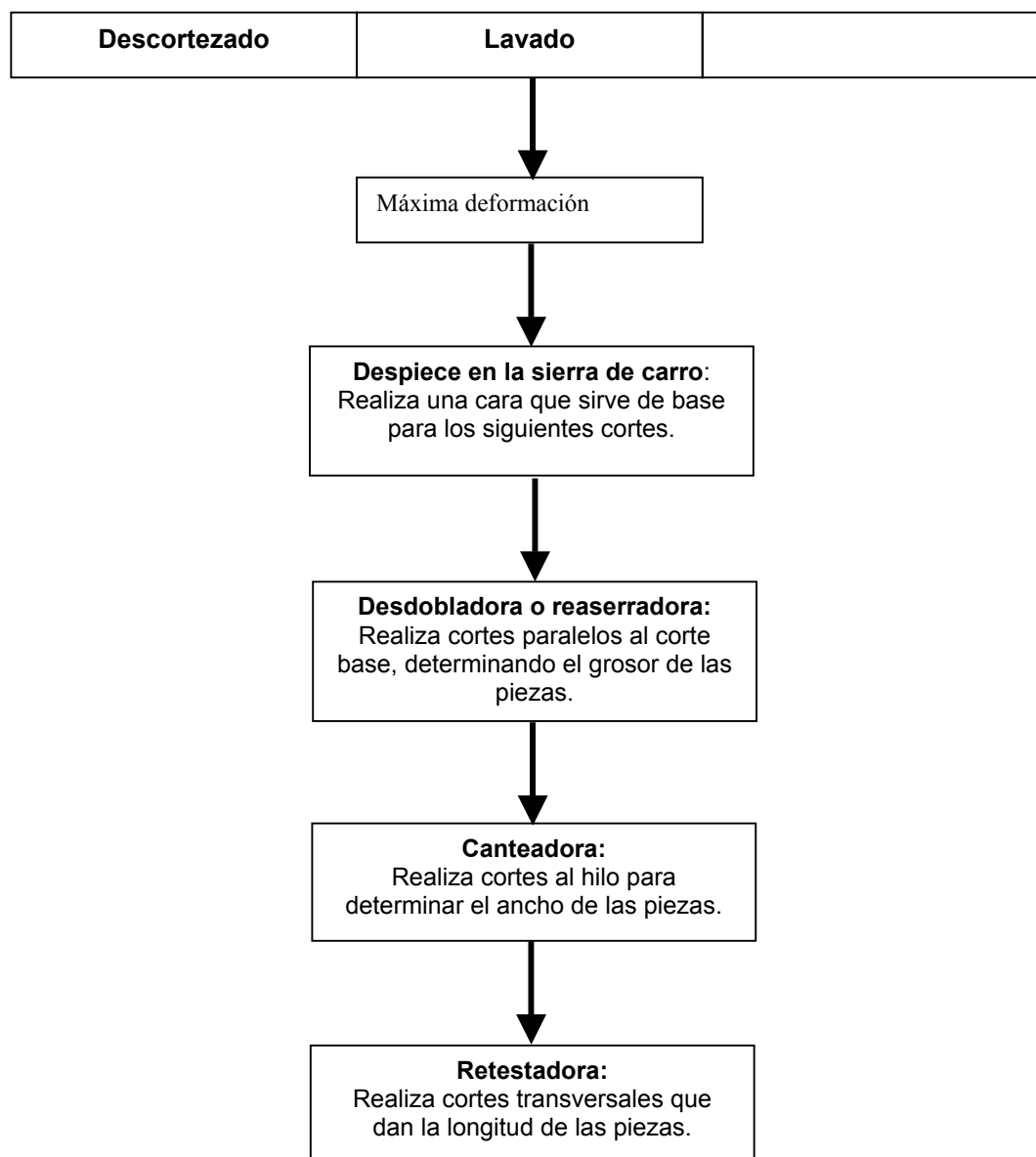


Bosques de Finlandia.  
Cortesía de Stora Enso.

caracterizan por la aplicación de métodos y maquinaria obsoleta en gran medida. Una línea típica vendría a ser lo siguiente:<sup>377</sup>

---

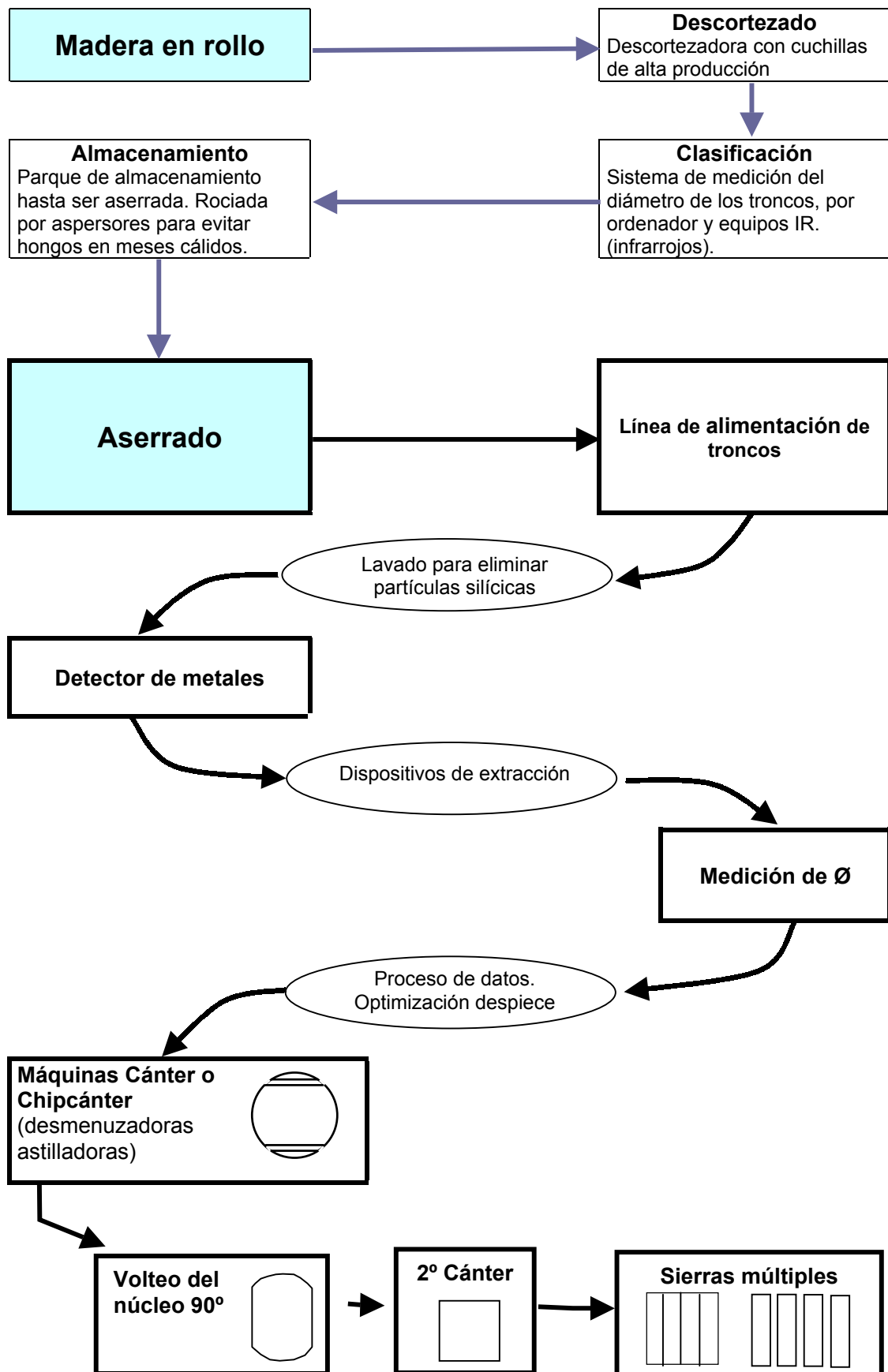
<sup>377</sup> Santiago Vignote Peña y José Martos Collado, “El aserrado de la madera. Líneas de fabricación y maquinaria utilizada”, *Acomat*, año XII, nº 62, Ene-Feb., 1990, Acomat, Madrid, pág. 12-16.



Esta línea es de escasa productividad y ha ido dejando paso a las modernas líneas de aserrado como la que se reproduce a continuación:

Línea típica de aserrado en Finlandia<sup>378</sup>:

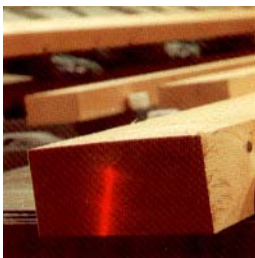
<sup>378</sup> “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994, pág. 117-120.



La firma *Valon Kone* es la única empresa centrada en la fabricación de descortezadoras de anillos con cuchillas. En cuanto a los detectores de metales, la firma Mem comercializó en 1988 en España su detector “Totalscan”, que localizaba todo tipo de metales ocultos: ferrosos y no ferrosos, metralla, etc.

Las máquinas Cánter (también denominadas Chipcánter) desmenuzan, por medio de cuchillas los costeros y los convierten en astillas.

Las líneas que no poseen esta maquinaria utilizan las sierras gemelas, es decir, dos sierras colocadas en paralelo, También llamadas sierras enfrentadas.



Análisis por medio de láser.

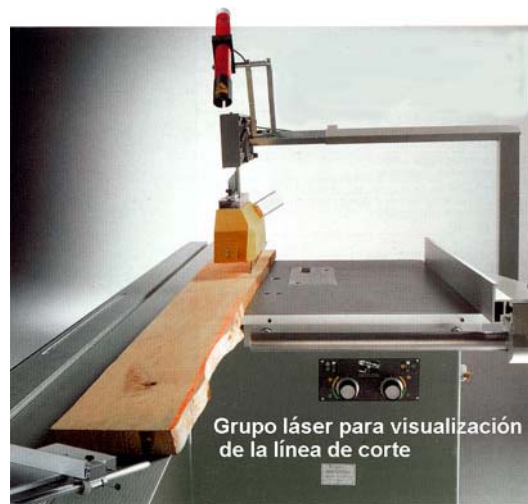
Cortesía de Vapo Timber Ov

El segundo paso por otro Cánter elimina otros dos costeros: Convierten, de esta manera, la troza en una pieza prismática quedando los costeros hechos astillas, con lo que no es necesario transportarlos hasta la salida.

Pero si pasa directamente por una sierra múltiple, se eliminan estos dos costeros obteniéndose además varias piezas totalmente elaboradas.

Hay otras muchas líneas en función de los materiales a obtener.

Existen programas que optimizan el despiezo de madera curva, estableciendo la mejor manera de proceder. Hay Scanners que por medio de infrarrojos establecen el perfil de la tabla midiendo en grueso y ancho e incluso la calidad (calidad y cantidad de nudos, fendas, etc.), se les denomina “captadores de medida”, “captadores cualitativos”, etc.



Láser de corte.

Cortesía de Griggio Calvomaq.

### 3.2.1 Proceso Cronológico.

Va referido a la obtención de madera de sierra. Los procesos referidos al resto de productos se explican al hablar de los mismos.

Además de lo que vamos a referir, todo el proceso puede seguirse de manera mucho más exhaustiva (tanto en explicaciones como en ilustraciones) en el último manual que Aitim ha editado sobre tecnología de la madera, y especialmente, en su primer capítulo.<sup>379</sup>

#### 3.2.1.1 Apeo.

También se le ha denominado: **Derribo. Talado del árbol. Corta.**

El apeo consiste en dar un corte transversal al eje del árbol para hacer que caiga al suelo. Ese corte se suele hacer lo más pegado al suelo para aprovechar mejor el tronco. Lo que queda en el suelo se denomina tocón.<sup>380</sup>

Antaño la tala sólo se realizaba en invierno porque el secado se hacía al libre.

En época de Marco Vitruvio Pollio y de Plinio, los constructores romanos estaban convencidos que era más ventajoso hacer las cortas en invierno. En la Edad Media, y más tarde, durante los siglos XVI y XVII se escribió mucho sobre este tema, hasta el extremo de que en 1601 un Decreto prohibió en Francia el apeo de la madera en época de savia, bajo pena de decomiso.

Las primeras experiencias sobre la influencia de la corta en las características de la madera provienen del naturalista Duhamel du Monceau (1775) que hizo investigaciones sobre el roble y el aliso encontró que no existían grandes diferencias en cuanto a resistencia, pudrición, contenido de savia, etc., pero ni la imparcialidad de sus ensayos ni su reputación pudieron

---

<sup>379</sup> Luis García Esteban et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, págs. 18-64.

<sup>380</sup> Habitualmente, un leñador profesional no debe dejar un tocón de más de 10 cm de alto. El término inglés para tocón es *stump*.

con la creencia tradicional de la corta en invierno. Los partidarios de las cortas de invierno siguieron defendiendo sus teorías.

J. Rondelet (1863) afirmaba que la época no tenía ninguna influencia sobre las características de la madera, pero estaba más a favor de la invernal.

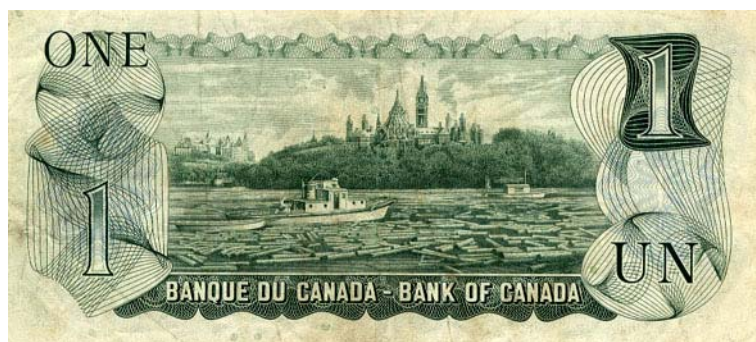
Investigadores posteriores (Th. Hartig, 1855 y H. Nördlinger, 1860) confirmaron los resultados de Duhamel.

Durante los años 1867-1879 se hicieron experiencias, en la Escuela Superior Forestal de Tharandt, con abeto rojo, y no se pudo deducir que la época de corta ejerciera ninguna influencia sobre la duración, composición química, potencia calorífica. % de merma o resistencia.

L. Hufnagl (1922): la época de corta tiene muy poca influencia sobre la calidad de la madera.

Para V. Dieterich (1925), en general, la mejor época para cortar las maderas valiosas es hacia fines de año o principios del invierno (de octubre hasta enero). La madera en rollo, cortada a primeros de invierno y dejada en el monte, corre menos riesgo durante la estación fría, y cuando llega la primavera está ya tan seca, que se libra del ataque de los hongos e insectos xilófagos. Una desecación demasiado rápida aumenta la formación de fendas de contracción.

H. Knuchel (1930) no encontró ninguna ley que relacionara las variaciones del peso específico aparente de la madera recién cortada con la época de corta. El peso específico medio de la madera de la misma clase y calidad (después de los



Dólar canadiense en el que podemos apreciar el sistema de desaviado por medio de almadías dentro de un río. En esta imagen queda patente la importancia de la industria maderera en Canadá, al dedicarle un espacio dentro de su moneda nacional.

ensayos realizados por Knuchel), cortada en verano o en invierno, y desecada a estufa, es prácticamente el mismo. De lo que se deduce que la época de corta no influye ni en la resistencia ni en la aptitud para ser trabajada, ni en su potencia calorífica, siempre que los ensayos se realicen en igualdad de condiciones.

En 1949, Fabricius indica que las diferencias que aparecen entre la madera apeada en verano y en invierno hay que atribuir las a su manipulación en el mercado e industria.<sup>381</sup>

Actualmente, con los secadores artificiales, se puede talar durante todo el año.

Se talaba en esta estación <sup>382</sup> porque la vida vegetativa está ralentizada y la albura contiene menos savia que en primavera, donde circula mucha más cantidad por estar en pleno crecimiento vegetativo. Cuando el apeo se producía en verano se producían mayores ataques de microorganismos.<sup>383</sup>

Ejemplos de esto que estamos diciendo lo tenemos doblemente presente en nuestro refranero:

“La madera de tu casa en enero sea cortada.”

“En menguante de enero, corta tu madero.”<sup>384</sup>

Sea de la manera que fuere, la savia es la que atrae estos microorganismos por esos debe eliminarse cuanto antes. Esto es lo que se denomina *Desaviado*. Tradicionalmente esto se hacía mediante un lavado<sup>385</sup> que disolvía la savia y así era más fácilmente eliminable<sup>386</sup>, y se hacía

---

<sup>381</sup> Franz Kollmann, op. cit., págs. 38-46.

<sup>382</sup> En España empezaba a principios de octubre y se prolongaba hasta finales de marzo, principios de abril.

<sup>383</sup> Para más información vid. “Concepto erróneo nº 8: La madera cortada en invierno es más seca que la cortada en verano”, *Montes*, año II, Julio-Agosto, nº 10, 1946, Montes, Madrid, pág. 378.

<sup>384</sup> Ambos refranes nos dan a entender que ese es el mes idóneo para talar los árboles.

<sup>385</sup> En agua corriente, durante un mes, más o menos, según situaciones y después se secaba al aire libre.

<sup>386</sup> “Esta operación (desaviado) tiene por objeto eliminar la savia mediante un lavado interno de la madera por el cual se disuelven las materias albuminoideas que contiene. Debe hacerse lo más pronto posible después del apeo, pues entonces la savia está todavía fluida y es más fácil el lavado, sea con agua o con vapor. Este es mucho más rápido que el lavado con agua, prolongándose este último



inmediatamente después del apeo. Por eso el transporte por ríos en almadías era también usado para desviar los troncos. Este sistema entrañaba un peligro que con el tiempo acabó revelando una influencia negativa en el secado, pues se producen variaciones en la resina que entorpece la circulación en sentido transversal.

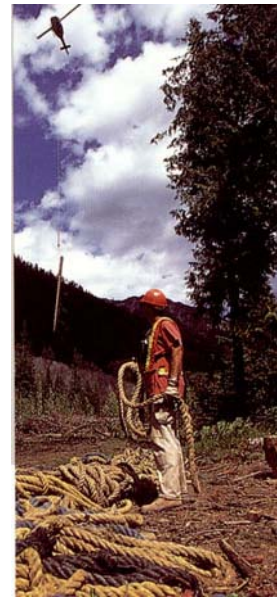
El apeo comienza con el *señalamiento* de los árboles que van a derribarse. Esto se realiza de manera selectiva (árbol a árbol) o no (por zonas.)

El apeo se puede hacer a mano o mecánicamente.



Apeo de árboles en Finlandia por medio del “Harvester”.  
Cortesía de Stora Enso. Finlandia.

En la actualidad se utiliza mucho la motosierra<sup>387</sup> y una máquina denominada “harvester”<sup>388</sup>, muy usada en Norteamérica y en Finlandia, que consiste en un vehículo tractor con una grúa que lleva incorporada una pinza que sujeta el tronco mientras



Extracción de los troncos por medio de helicópteros.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co. Ltd.

que una sierra circular, situada por debajo de ella, hace el corte. El tronco no cae al suelo, con lo que se evitan daños. Su campo se reduce a troncos de diámetro limitado.

Se deben talar los árboles cuando hayan alcanzado su máximo crecimiento no cuando sean muy jóvenes o muy viejos, por ejemplo en el

---

durante tres meses para maderas duras y durante un mes para maderas blandas” (Francisco Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 938).

<sup>387</sup> Una sierra Husqvarna de 3 HP, por ejemplo, es la usada por los leñadores solitarios de los bosques finlandeses del norte de Karelia. Para más información vid. Antero Pailinna, “El trabajador forestal”, *Tempus*, nº 1, editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, 2001, págs. 54-61.

<sup>388</sup> En Canadá las denominan “snippers”. Puede encontrarse más información sobre estos procesos, transporte, etc. en las hojas técnicas editadas por Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC), concretamente en la publicación sobre lo conseguido en sus 25 años de trabajo: “A quarter century of success. 1975-2000”, FERIC, Pointe-Claire, QC, Canada, 2000, En torno a este importante Instituto se agrupan unas 95 de las empresas canadienses más importantes del sector.



Pinar de Valsaín (Segovia) el pino silvestre se apea a la edad de 120 años que es cuando alcanza su madurez.<sup>389</sup>

### 3.2.1.2 Desrame.

Otras denominaciones: **Desramado. (Obtención del tronco).**

Una vez apeado el árbol se procede a eliminar las ramas con una motosierra, para poder ser manejado más fácilmente. Deben eliminarse sin dejar muñones para así facilitar las operaciones siguientes.

Estas ramas han amortiguado la caída el árbol.



Clasificación visual.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.

De esta operación se obtiene el *tronco*.

Después de esta operación se suele realizar lo que se denomina el *despunte* y que consiste en cortar la parte superior del tronco hasta el diámetro mínimo aprovechable.

### 3.2.1.3 Descortezado.

Con esta operación obtenemos el rollizo.

Los troncos son transportados por una cadena. El tronco va dando vueltas sobre su eje y un cabezal cortante elimina la corteza. Antiguamente había varias



Clasificación de troncos.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.

posibilidades: descortezador de tambor (volteo y roce de troncos), batanes

<sup>389</sup> Puede seguirse el proceso completo realizado por Aitim en 1994 para determinar las propiedades mecánicas de la madera de pino silvestre de Valsaín. Estos estudios se hicieron a petición del propio aserradero y pueden consultarse en el artículo de Adolfo Rueda Fernández, op. cit.

descortezadores (de martillos y de cadena), otras máquinas peladoras parecidas a las actuales.<sup>390</sup>

Existen otros procedimientos para el descortezado como son: a mano y procedimientos químicos.<sup>391</sup> También se usó el descortezamiento



Günther Uecker.  
Bosque de un tronco, 1990.  
Clavos, cenizas, pegamento y trozas de madera.

hidráulico, que consiste en eliminar la corteza por medio de la aplicación de agua a

presión (80 – 95 atmósferas). El descortezador Hansel, por ejemplo, fue muy utilizado para estos fines.

Hay tener cuidado al descortezar en el monte pues se acelera el proceso de secado, sobre todo por las testas «para evitar este secado de la madera, no se debe descortezar en el monte, y aplicar una pintura sellante u otro producto a las testas [colmatado de las testas] de las trozas».<sup>392</sup>



Troncos a la espera de ser procesados.  
Cortesía de Metsäntuotajat Oy.  
Finlandia

Después del descortezado podemos averiguar el rendimiento del rollizo, determinando el volumen de madera que posee, para ello existen varias fórmulas matemáticas conducentes a averiguarlo. Esto es lo que se denomina **cubicación del rollizo**<sup>393</sup>.

<sup>390</sup> PANSIN, A. J. et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 86.

<sup>391</sup> Gustav Kraemer Koeller, Op Cit, Págs. 243-245.

<sup>392</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996.pág. 64.

<sup>393</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op cit., pág. 308.

La madera es **clasificada**, a continuación, para determinar su destino final: si se destina a chapa, a madera de sierra, etc.

Clasificada la madera es **apilada**<sup>394</sup> antes de proceder a su **transporte** hasta las fábricas transformadoras.

#### 3.2.1.4 Secado.

Se produce por aireación natural o artificial.<sup>395</sup>

Deben sellarse los cantos antes de introducirlos en las cámaras para que su secado no sea más rápido que el del interior del listón, tabla, etc.

#### 3.2.1.5 Tronzado o Troceo.

“Las cigarras habían instalado un aserradero en el patio.”  
(*La Hojarasca*, Gabriel García Márquez)

“¡Qué exquisito olor cuando pasamos por una fábrica de aserrar! Es cuando se nos llena la cabeza de serrín”.  
“Al aserrar una madera suena el pato que lleva dentro”.  
(*Greguerías*, Ramón Gómez de la Serna)

Puede consultarse la siguiente norma:

- UNE 56512:1985. *Medida De las dimensiones de la madera en rollo*.

Tiene por objeto seccionar el rollizo por medio de cortes perpendiculares al eje. De esta manera obtenemos las **trozas**<sup>396</sup>. Si no seccionamos el rollizo por necesidades específicas, y la pieza queda entera, se denomina **enterizo** o **pieza enteriza**. Seccionar esta pieza y convertirla en troza significa que las piezas que se van a necesitar van a ser de menor longitud que el enterizo.

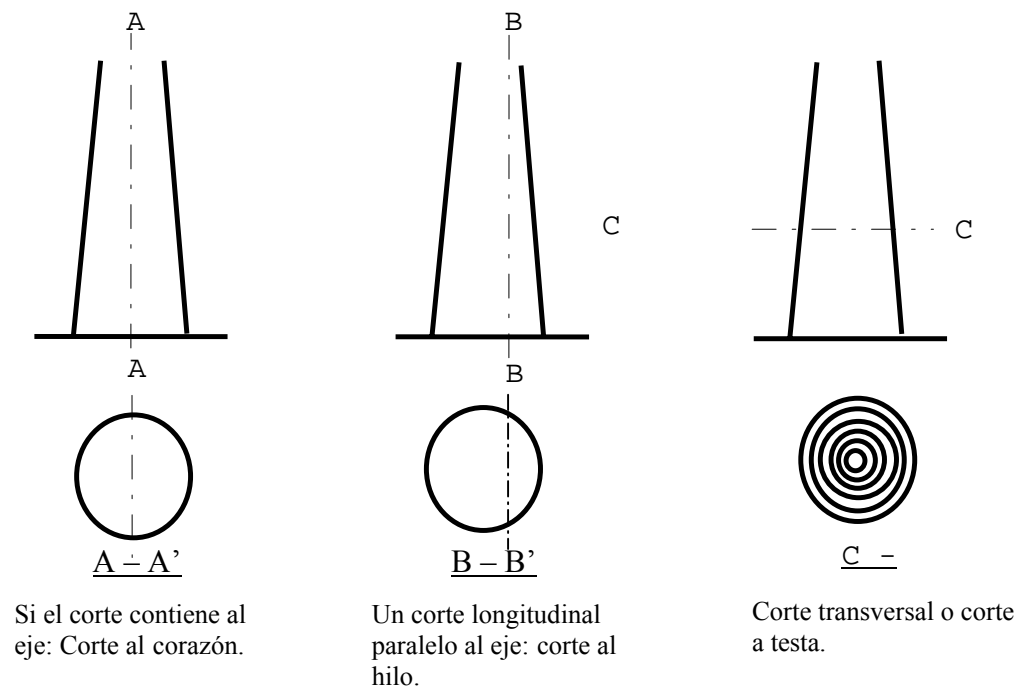
---

<sup>394</sup> “Es muy común en España el apilado del eucalipto, por dos razones, una para reducir el peso de las trozas, dada su elevada densidad, y otra es desecar la capa de cambium, que recién descortezada es muy resbaladiza, reduciendo notablemente los accidentes debidos a esta causa”

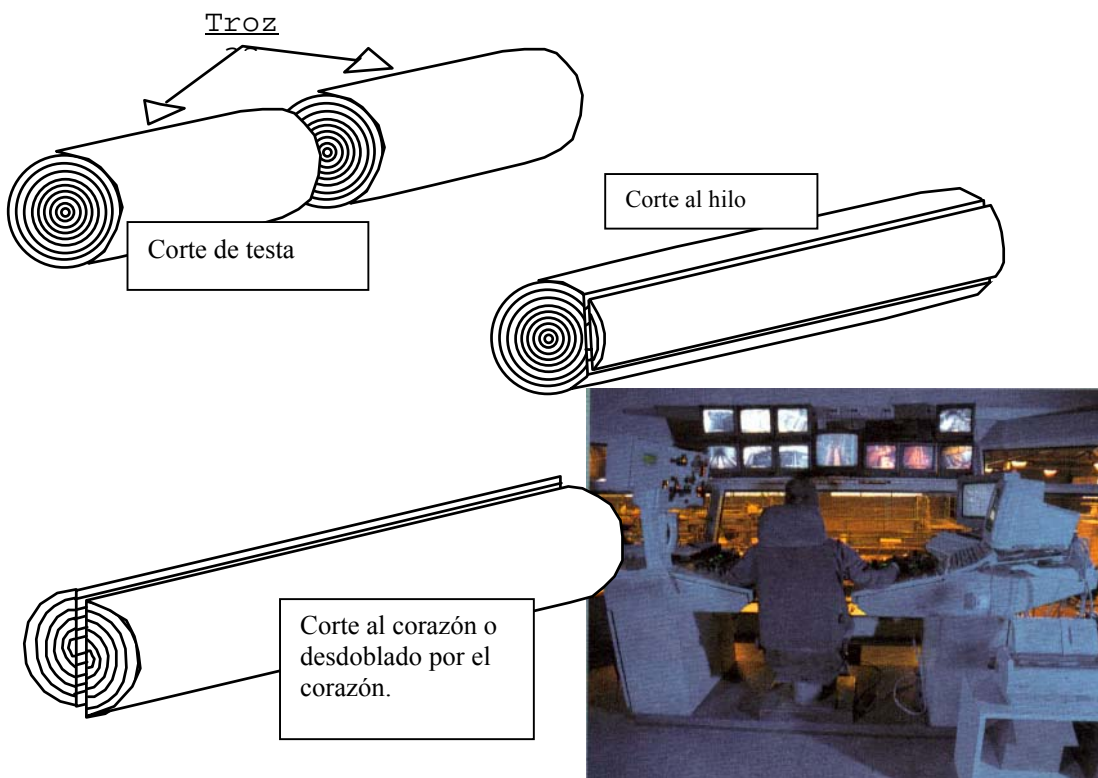
(<sup>394</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, M° de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996.pág. 75).

<sup>395</sup> Véase apartado correspondiente.

<sup>396</sup> También llamados ROLLA o TRALLO.



Reflejo de estos cortes en los troncos:<sup>397</sup>



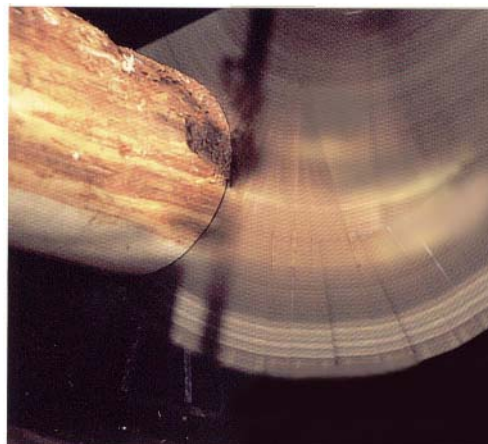
Control de sierra circular.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.

El corte transversal produce un dibujo de anillos concéntricos.

<sup>397</sup> F. Cassinello, op. cit., pág. 63.

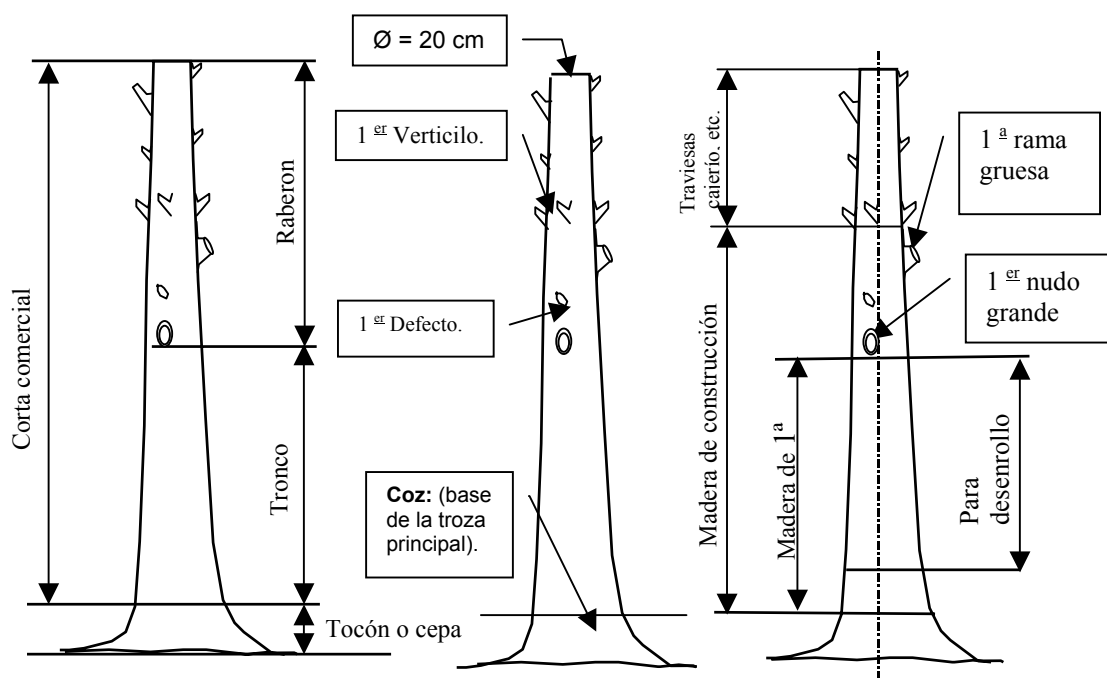
En el corte longitudinal se produce un corte tangencial a los anillos de crecimiento que determinan un dibujo formado por parábolas.

Tronzado de troncos.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co. Ltd. British Columbia. Canada.



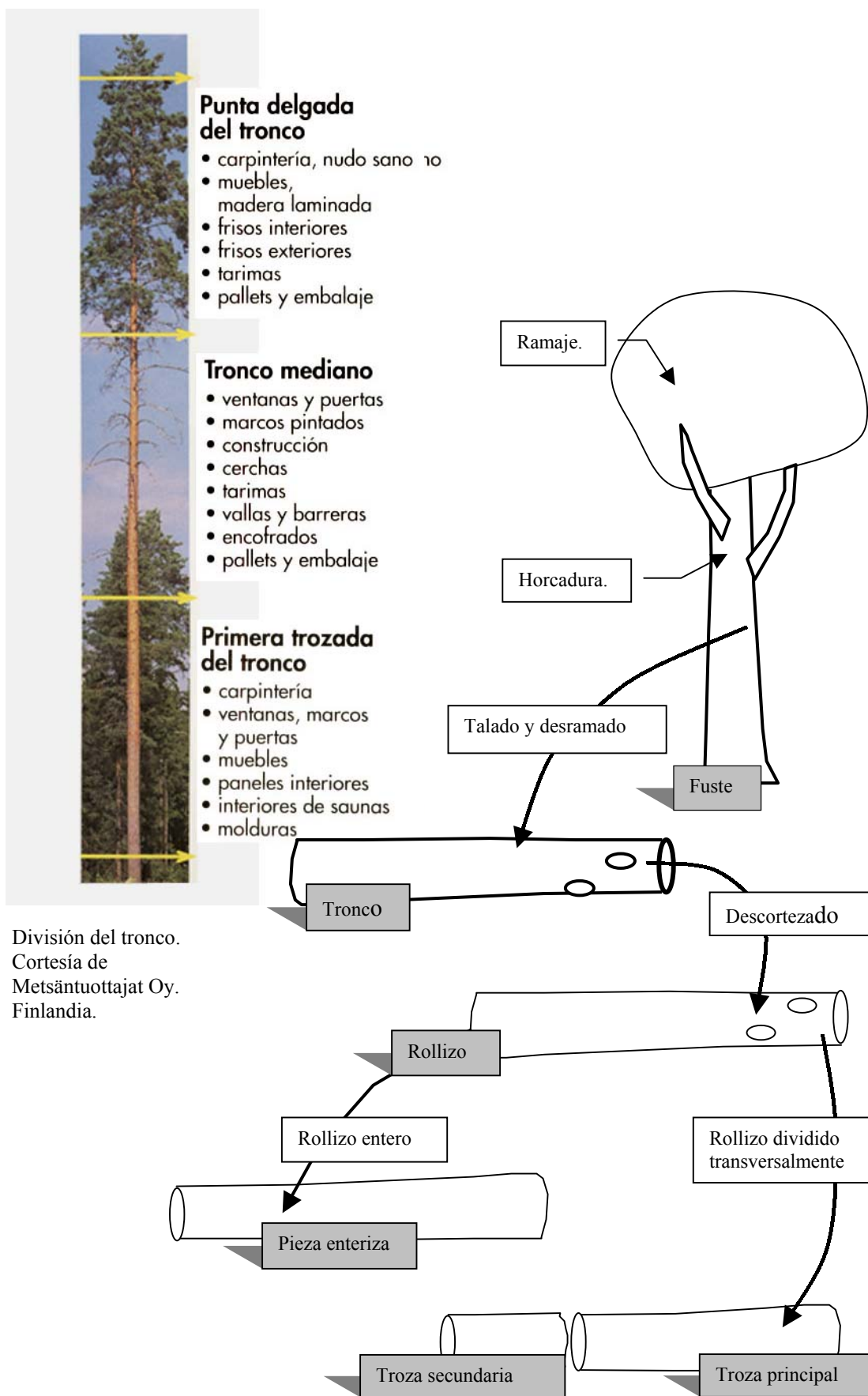
El corte al corazón determina secciones de tipo radial, perpendiculares a los anillos de crecimiento haciendo que aparezca un dibujo en forma de líneas más o menos paralelas entre sí.

Partes del árbol que determinarán que determinarán su utilidad.<sup>398</sup>



<sup>398</sup> Fernando Nájera y Anglo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 72.





División del tronco.  
Cortesía de  
Metsäntuottajat Oy.  
Finlandia.

### 3.2.1.6 Despiece.

También se le denomina **escuadreo o hechura**.<sup>399</sup>

“Al ver pasar los troncos recién cortados bajo el día gris, se ve en el color siena vivo de su corte el sol que tenían ahorrado”.

(*Greguerías*. Ramón Gómez de la Serna)

Tiene por objeto escuadrarlos, es decir, que sus caras sean paralelas o perpendiculares entre sí formando secciones rectangulares o cuadrangulares.

Esto puede realizarse de varias maneras, que veremos más adelante (azuela, hacha, cuña, sierra, etc.).<sup>400</sup>

Llamamos despiece a toda una serie de operaciones practicadas en una troza con el fin de realizar en ella divisiones o cortes paralelos al eje de la pieza. Recordemos que si practicamos cortes transversales al eje, estamos realizando un troceo de la troza, del rollizo, etc.

Estas operaciones son importantísimas, pues de ellas vamos a obtener las distintas escuadrías que podamos necesitar para nuestros listones, bastidores, etc.

A lo largo de la Hª se han practicado distintos cortes a las trozas con el fin de obtener las piezas de madera necesarias. Dichos cortes obedecen a distintas motivaciones: económicas, técnicas, estéticas, etc., resultando que, fundamentalmente, los despiezos, técnicamente mejores, son también los más escasos y caros, por la dificultad que entraña su obtención, resultado de maquinaria cara, que no todas las industrias poseen, y/o el tremendo desperdicio de madera que supone. El factor tiempo también entra en juego pues, a mayor complejidad, mayor pérdida de tiempo.

---

<sup>399</sup> Para más información vid Cassinello, op. cit., pag 69.

<sup>400</sup> Se intentaron métodos de corte menos convencionales, con el fin de evitar la producción de serrín pero, hasta la fecha, el corte por sierra o sierras, el rebanado y el desenrollo son los métodos más usados en el despiece industrial de la madera. Algunos de aquellos intentos fueron: «(...) un alambre de acero que oscila rápidamente en su dirección longitudinal. La aplicación de un chorro de agua del diámetro de una aguja a alta presión. (...) La aplicación de la técnica láser en el corte de la madera es una tercera posibilidad. En los EE.UU. se ha hablado incluso del empleo de rayos electrónicos de gran potencia» (Franz.P. Kollmann, “La promesa de la tecnología”, *Montes*, año XXV, Sept-Oct, nº 149, 1969, pág.415).

Importantísimo es el hecho de que estos sistemas (no todos, evidentemente) van encaminados a conseguir piezas homogéneas para procurar estabilidad estructural a las tablas obtenidas.

Aunque existen muchos tipos de despieces, como veremos, hay dos, digamos, de índole general: el despiece tangencial y el radial. El primero de ellos se observa en aquellas piezas en las que los anillos de crecimiento inciden en las caras con un ángulo menor de 45° y en el segundo cuando lo hacen con uno superior a 45°.

- **Con hachas, azuela o cuñas.**

Se le denomina **madera de hilo, de raja o hendida; Hendimiento.**<sup>401</sup>

Lo que más le duele al árbol de los hachazos es que el hacha tenga mango de palo.

Ramón Gómez de la serna, *Greguerías*.

Hay especies más propensas a ser hendidas por medio de estas herramientas obteniendo piezas al hilo o que siguen la dirección de las fibras. Dichas herramientas se sitúan en los radios del tronco y se golpean para que se produzca la separación de las fibras. No es posible si el árbol tiene la fibra revirada.

Sistema antiquísimo del que tenemos constancia, por ejemplo, en la *Eneida* de Virgilio: «(...) caen los pinos, resuenan las encinas y el fresno, heridos de las hachas, y el hendible roble se raja a impulso de las cuñas.»<sup>402</sup>

Muy usado antiguamente con maderas resinosas.

Se utiliza para hacer leña de troncos de poca longitud, fabricación de duelas, etc.

El Hendido en las especies <sup>403</sup>	
Con extrema dificultad	Abedul negro Boj Aligustre Cerezo silvestre Serval de cazadores

<sup>401</sup> Para más información vid. “esfuerzo cortante”.

<sup>402</sup> Virgilio, *Eneida*, Libro VI.

<sup>403</sup> Según *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana*, Editorial Espasa Calpe, S.A., 1975, pág. 1307.



El Hendido en las especies <sup>403</sup>	
	Tejo
Muy difícilmente	Abedul blanco Carpe Níspero Falsa acacia Álamo
Difícilmente	Arce Bonetero Fresno lila
Con alguna dificultad	Algunos pinos Cerezo Espino cerval
Con bastante facilidad	Nogal Alerce <sup>404</sup> Haya
Fácilmente	Castaño de Indias Aliso Avellano Pino Chopo Roble Castaño Sauce Tilo
Muy fácilmente	Abeto Falso abeto
Con extraordinaria facilidad	Ciertos álamos.

- **Con sierra y cortes al hilo.**

Se les denomina: **costeros, madera de sierra, madera enteriza.**

Aserrando las trozas o el rollizo de esta manera obtenemos dos tipos de madera:

- Los costeros, costaneros o cachas.
- Madera de sierra.

Estas primeras tablas obtenidas (costeros) suelen destinarse a la obtención de pulpa para pasta de papel, entre otros fines.

---

<sup>404</sup> Utilizados en la época de los barcos a vela para la fabricación de mástiles. Pedro I el Grande ordenó la plantación de un bosque de alerces para su flota en 1738. En la actualidad existen unos 3956 de aquellos árboles, protegidos hoy por la UNESCO (“Mástiles mecidos por el viento”, *Tempus*, nº 4, 2001, editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, pág. 12.

Dependiendo el tipo de despieze usado, vamos a obtener tablas de corte radial, tangencial, con más albura, duramen, albura-duramen, etc., pero las primeras tablas suelen ser de excelente calidad:

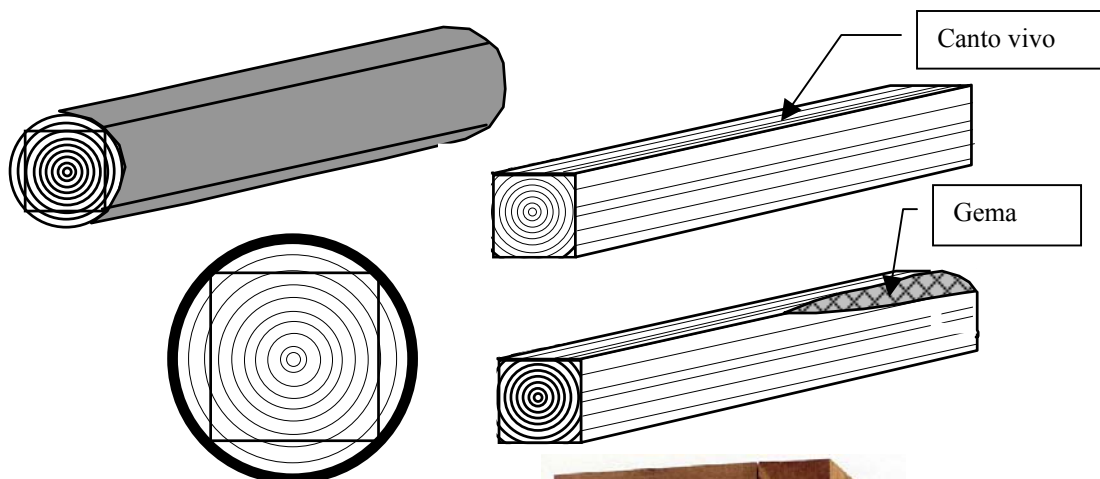
De los primeros cortes, parte externa del tronco, salen tablas de madera pulida y desprovista de nudos. [Son tablas de alta calidad, de albura y zona externa del duramen].

Cerca del centro es probable que la madera contenga nudos y fisuras, por eso en esta parte se cortan maderas y vigas más gruesos y destinadas a la construcción.<sup>405</sup>

#### - Despiezo enterizo

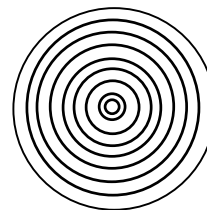
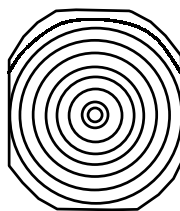
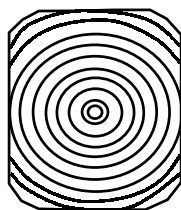
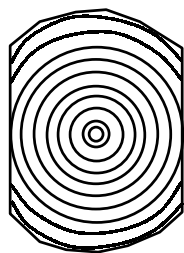
De esta manera se obtiene **madera de hilo**.

Es el despiezo más sencillo pues en él se aprovecha todo el rollizo y las piezas que de él se obtienen, tienen su misma longitud. El corazón suele quedar en le centro. Al resultado se le denomina MADERA ENTERIZA.



Carl Andre. *Objeto de madera*. 1964.  
Madera, 28 piezas.

<sup>405</sup> Hugh Johnson, op cit, pág. 48.



Madera de hilo a dos caras (traviesas de ferrocarril, zapatas, etc.

Enteros

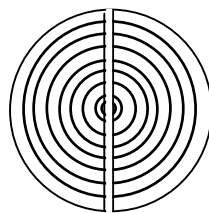
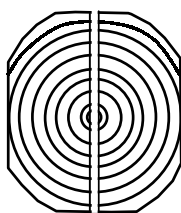
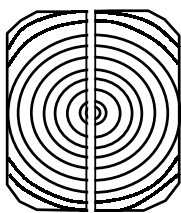
Se obtiene una sola pieza por cortes al hilo de sus costeros. Pueden obtenerse piezas de aristas vivas o no, según si se apura o no el corte.

Al apurarse tanto se produce lo que se denomina piezas a gema<sup>406</sup> o de cantos imperfectos (También se da en las tablas).

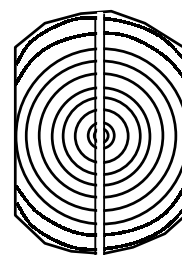
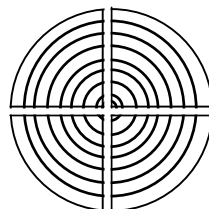
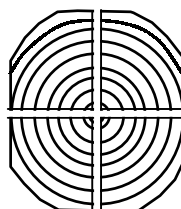
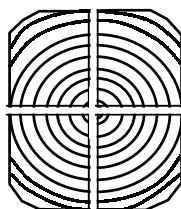
En la construcción de madera, eran empleado como elementos portantes o que trabajen a compresión: vigas, mástiles, andamios, etc.<sup>407</sup>

Podían dársele uno o dos cortes perpendiculares al corazón a la pieza enteriza para conseguir viga o viguetas de menor escuadría en función de las necesidades.

Medios



Cuartones



Madera de hilo a dos caras (medios)

<sup>406</sup> También se denomina “madera con media labra”. Normalmente se opta por este despiece (aprovecha a tope la madera) cuando no se tiene muy claro a que se va a destinos dicha madera.

<sup>407</sup> *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971, pág. 332.

A la pieza enteriza, a la madera de hilo a dos caras y a estos maderos medios y cuarterones se les denomina “madera escuadrada” para diferenciarlas de la madera de sierra que obtiene escuadrías mucho menores y tiene la arista perfectamente a escuadra y sin gema.

- **Despiezo común.**

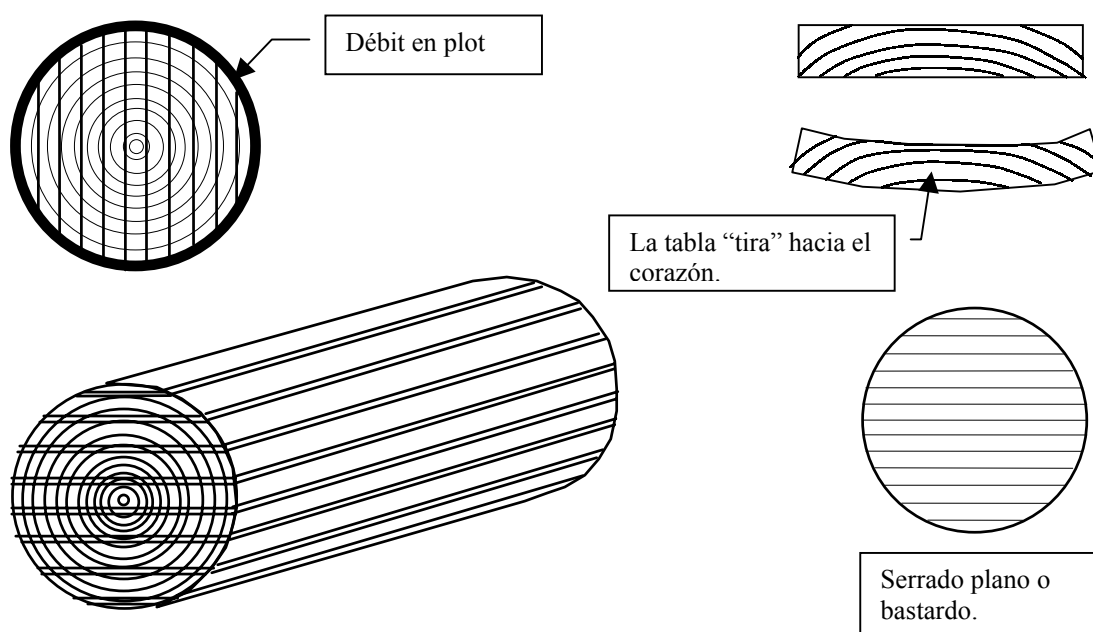
Se han utilizado otras acepciones como: **Cortes paralelos, en plancha, a hilos paralelos, serrado plano o bastardo, despiezo plano, troceo en bloque, despiezo tangencial en bloque, en sandwich. Despiezo costero. Despiece en cachones.**

Es un despiezo muy sencillo y usual.

Consiste en cortes al hilo paralelos (tangencialmente a los anillos) pero sin pasar por la médula (salvo la tabla radial que se obtiene).

El inconveniente es que produce fuertes contracciones en sentido contrario a los anillos de crecimiento. Cuanto mayor es el radio de los anillos, mayor es la contracción.

Se distingue por el *dibujo crestado* que ofrece, en forma de triángulos o pirámides superpuestas.



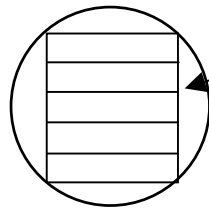
Para este despiezo suele utilizarse la sierra múltiple de bastidor.

Las tablas obtenidas conservan sus bordes naturales y se denominan “tablas sin cantar”.



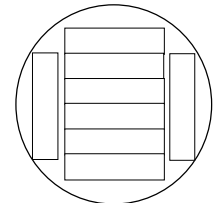
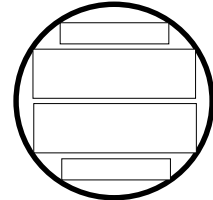
Apilado de tablas.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy.

Hay variantes a este sistema en los que se eliminan los costeros o, se obtiene tablas laterales si éstos tienen la suficiente anchura.



Débit sur dosse

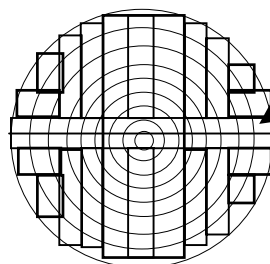
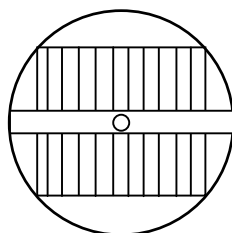
A este tipo de despiece en concreto se le denomina, Despiece sobre costero o a tres caras.



Despiezos por cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.



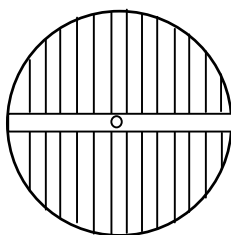
En los que se elimina la tabla de corazón y los costeros:



Húngaro

Débit hongrois

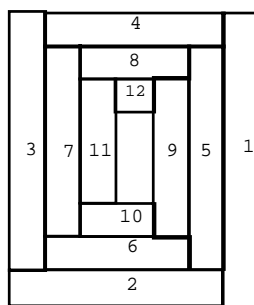
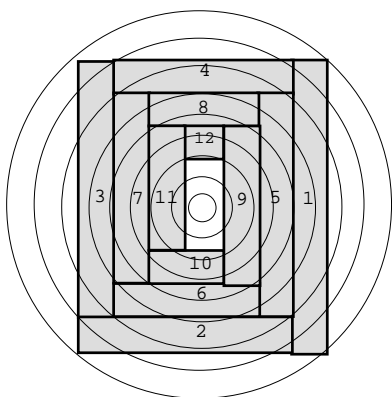
Y en los que se elimina la tabla de corazón:



#### - Despiezo Tangencial.

Se le llama también . **Madera “floreada”**.

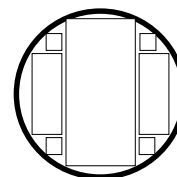
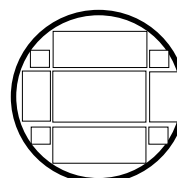
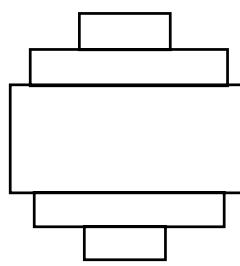
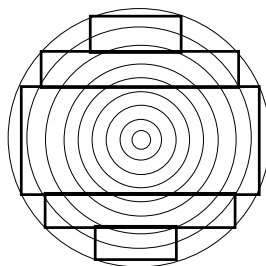
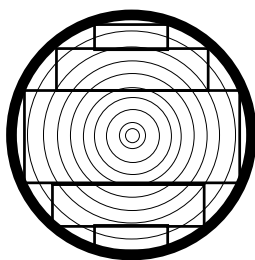
Se obtienen tablas por cortes al hilo. Cada nueva tabla se obtiene por un corte perpendicular al anterior.



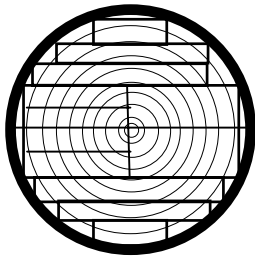
Marca de aserraderos.  
Cortesía de Vapo  
Timber Oy.

#### - Despiezo de París.

Consiste en obtener una gruesa tabla con el corazón en el centro y varias laterales de menor escuadría.<sup>408</sup>



<sup>408</sup> Vid. F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág. 956, F. Cassinello, op. cit., pág. 73 y Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 32.



Ancien débit de Paris

Logo de Hasa Metsäntuottajat Oy. (Finlandia) utilizando un imaginario despiezo.

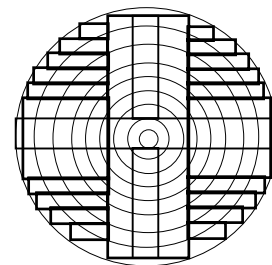
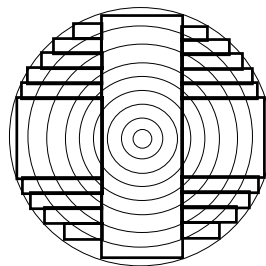
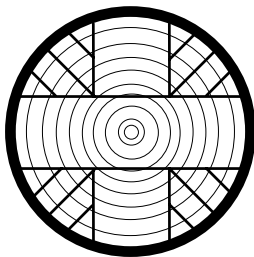


Almacenaje interior en espera de transporte.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy, Finlandia.



#### - Despiezo en cruz o ENCUARTENADO.

Obtenemos, como en el de París, una pieza central gruesa pero con el corazón, dos piezas más pequeñas perpendiculares a la anterior y varias tablas de menor escuadría pero radiales, en el primer caso.<sup>409</sup>



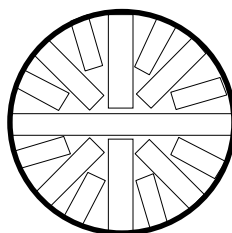
Débit sur commande (sobre pedido).

<sup>409</sup> Vid. F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág. 956, y F. Cassinello, op. cit., pág. 73.

- **Despiezo radial u holandés.**

Otras denominaciones: **Despiezo al cuarto llamado holandés. Corte de “espejo”. Serrado radial. Troceo radial. Despiezo mallado. Madera “cuarteada”.**

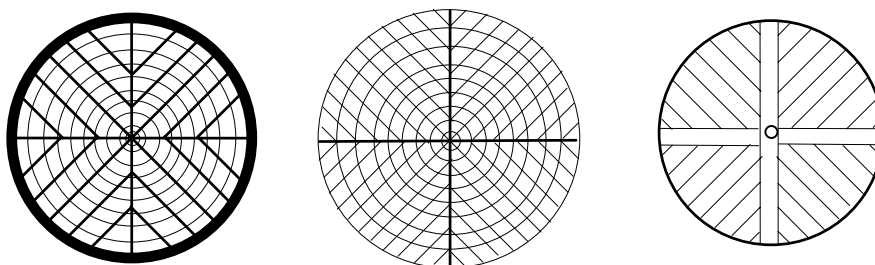
Se realizan 4 cortes de corazón y luego, por cortes al hilo, se obtienen tablas “casi” perpendiculares a los anillos. Las piezas resultantes tienen menos problemas de contracción-dilatación que otros despiezos no radiales.



Este sistema es el más caro pero suele obtenerse tablas con anillos más o menos perpendiculares, en función de la ubicación de las tablas, por un sistema más sencillo de realizar.

Suele utilizarse para tarimas por su poca deformabilidad.

La contracción tangencial es de 1,5 a 3 veces mayor que la radial.



Con la madera de eucalipto se recomienda, siempre que el Ø lo permita, este sistema. El aprovechamiento sería el siguiente:<sup>410</sup>

1 m <sup>3</sup>	0,6 m <sup>3</sup> Tablas verdes (lo más anchas posible).
	0,3 m <sup>3</sup> Corteza y costeros.
	0,1 m <sup>3</sup> Serrín.

<sup>410</sup> Vid. “Madera de eucalipto”, *Aitim*, nº 175, Mayo-Junio, 1995, Aitim, Madrid, pág. 82.



Dentro de este grupo existe un corte “auténticamente” radial, denominado **espacato**, que es el utilizado por los luthier en la construcción de sus instrumentos de cuerda, y que consiste en realizar cortes, al bloque de madera a usar, «según la dirección de la fibra del tronco. (...) la fibra que empieza en un extremo acaba en el otro, mientras en el corte radial pueden existir muchas fibras decapitadas.»<sup>411</sup> Este tipo de corte sería impensable en la industria maderera, a pesar de las excelentes cualidades que posee, ya que el desperdicio de madera sería tremendo. Algo parecido se consigue con el siguiente sistema de aserrado que vamos a ver.

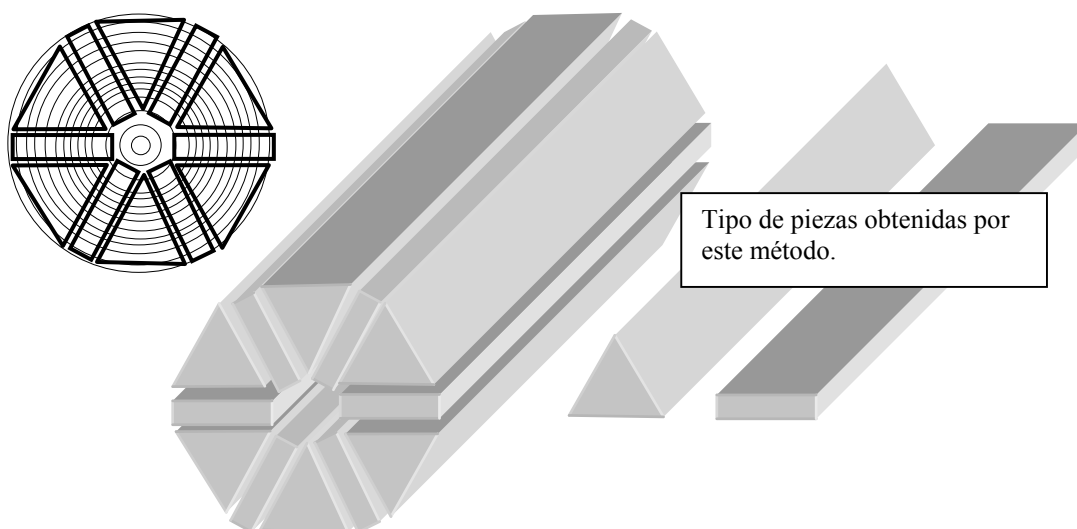
- **Aserrado en estrella.**

También llamado: **Starsawed**<sup>412</sup>. **Stjärnsagat**.<sup>413</sup>

El tronco es aserrado de manera parecida al aserrado radial, obteniendo seis tablas de anillos rectos, de corte perfectamente radial, quedando, además otras seis piezas triangulares cuyos anillos son también bastante rectos.

Este método aumenta el valor de la madera por el tipo de aserrado producido y se aprovecha mejor la madera.

Este método es el usado para fabricar un nuevo tablero llamado **Primwood**.



<sup>411</sup> Eva Hermoso Prieto, “Luthier. Arrancando música a la madera”, *Aitim*, nº 194, julio-agosto, Madrid, Aitim, 1998, págs. 27-32.

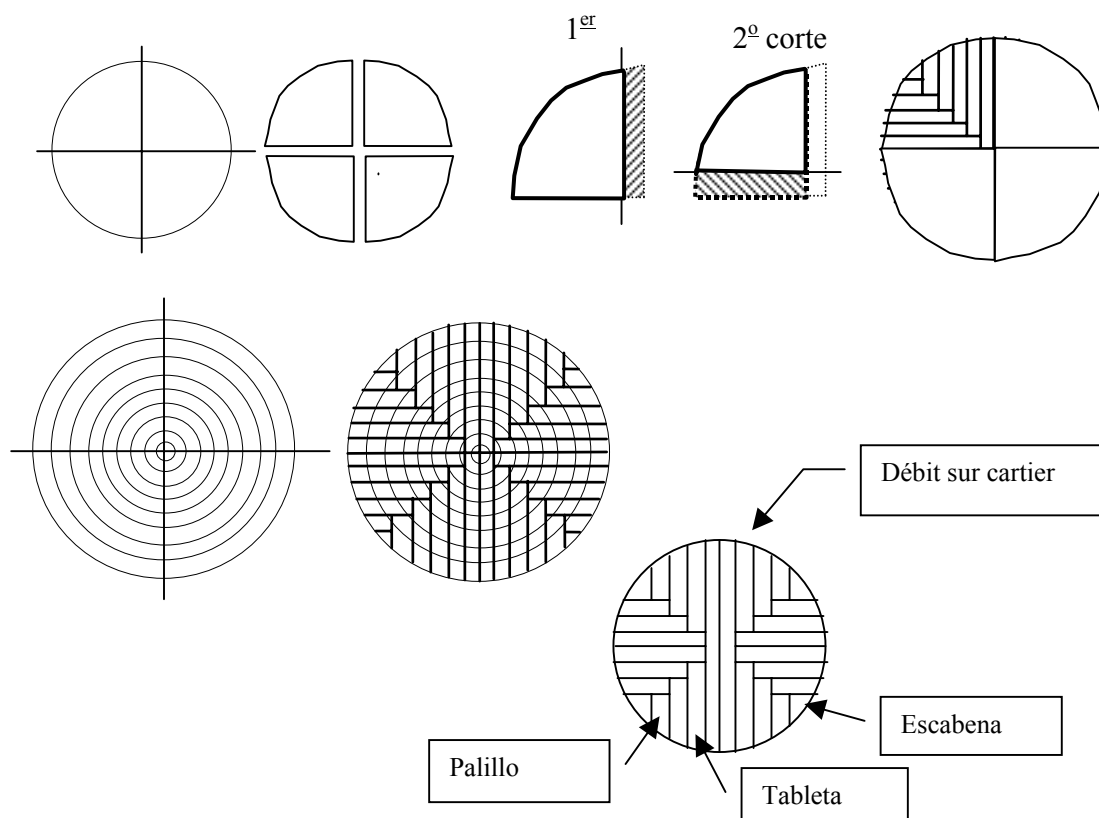
<sup>412</sup> Término inglés.

<sup>413</sup> Término sueco.

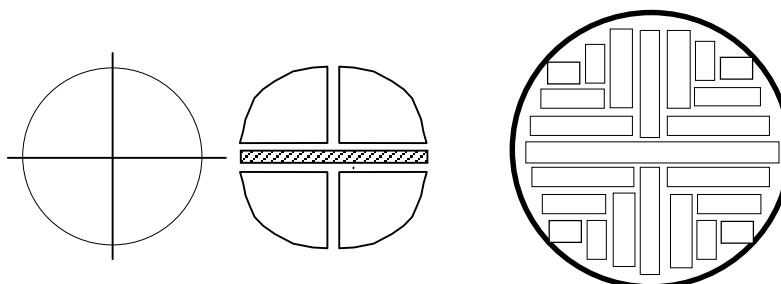
- **Despiezo alternado.**

Recibe los nombres de: **Despiezo por cortes encontrados o en abanico. Despiezo al falso cuarto llamado “moro”.**

Se practican dos cortes perpendiculares entre sí para obtener cuatro piezas de las que se irán obteniendo tablas por cortes perpendiculares respecto del anterior.<sup>414</sup>

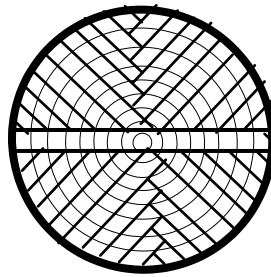


Otra posibilidad es cortar una tabla de corazón, con ello se obtienen dos partes iguales llamadas *medianas*, después se dividen por la mitad estas dos medias trozas y proceder como en el caso anterior con cortes perpendiculares entre sí alternos.



<sup>414</sup> Vid. Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 159.

- **Despiece canadiense.**



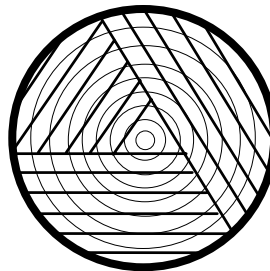
Para trozas de mucho diámetro, pero genera muchos desechos.

- **Despiezo de Cantibay.**

También llamado **Triangular tangencial**.

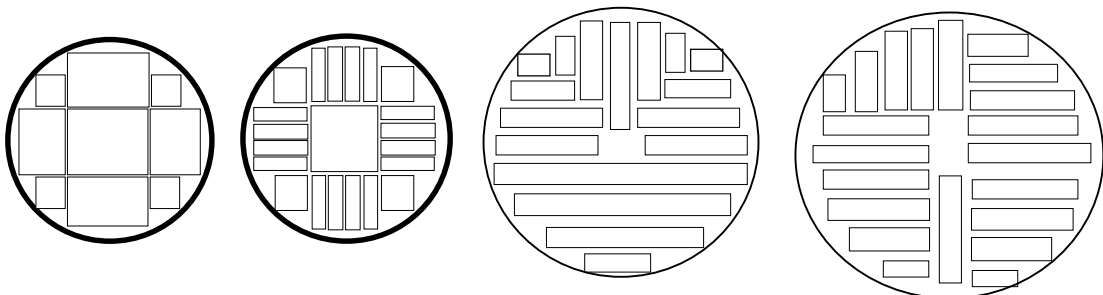
Se practican tres cortes tangenciales en forma triangular.

Según Cassinello se emplea este despiezo cuando el corazón se haya en malas condiciones<sup>415</sup>



- **Otros sistemas sin denominación fija.**

Utilizados para la obtención de vigas y viguetas. Se procede cortando primero un grueso tablón de corazón y el resto puede dejarse como tabloncillos de buena escuadría o seguir dividiéndolos según necesidades.<sup>416</sup>



<sup>415</sup> F. Cassinello, op. cit. pág. 73.

<sup>416</sup> Vid. Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 312 y “Näyttelyt. Fiskarsin Kesänäyttely”, *Puu*, n° 3, 1995, pág. 48.

### 3.2.2 Escuadrías.

Son maderas aserradas alineadas en paralelo.

#### 3.2.2.1 Definición.

Escuadría es la dimensión de cada pieza tomada en la testa, es decir, las dimensiones transversales (ancho y grueso)<sup>417</sup> y se expresa por el producto de la anchura por el espesor.



Selección de piezas.  
Cortesía de Vapo Timber Oy.  
Finlandia.

Como veremos más adelante, según esas medidas recibirán nombres distintos. Algunos de ellos casi no se utilizan por ser materiales obsoletos.



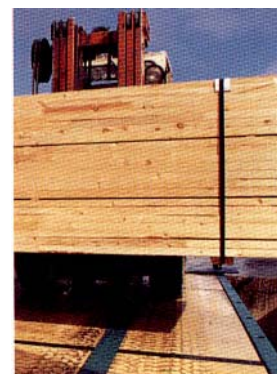
Empaquetado de las tablas.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy,  
Finlandia.



Empaquetado protector  
de las tablas.  
Cortesía de Vapo  
Timber Oy. Finlandia.

Cuando en la industria aparece el término “nominal”

referido a las dimensiones de un listón, tablero, etc., se refiere a las dimensiones de la pieza en cuestión antes del cepillado. Posteriormente estas dimensiones varían unos mm.



Carga de tablas.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co. Ltd.  
British Columbia. Canada.

<sup>417</sup> Resulta innecesario decir que las piezas de las que hablamos son de sección rectangular o cuadrada o de una madera trabajada a escuadra.



Las tablas, ya empaquetadas, son llevadas por medio de carretillas elevadoras hasta los medios de transporte elegidos: camiones, trenes, barcos, etc., para su posterior transporte y reparto.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.



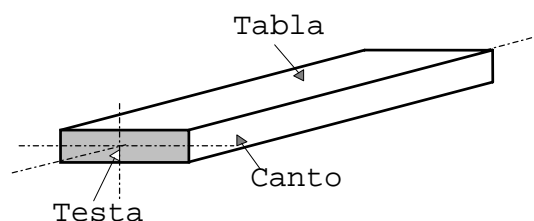
### 3.2.2.2 Superficies (terminología).

TESTA:

- Superficie menor, normal al eje.
- Superficie transversal a las fibras.

CANTO: Superficie existente entre las caras (tablas) de una pieza.

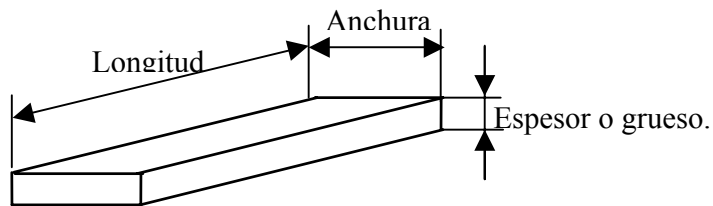
TABLA o CARA: Son las superficies mayores paralelas a las fibras.



LONGITUD: Distancia entre las testas. La dirección en la que hay que medir la longitud viene determinada por la dirección de la fibra.

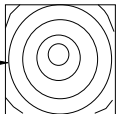




ESPESOR: Queda determinado por la dirección transversal de menor superficie. Distancia que separa las caras.

**ANCHURA:** Queda determinada por la dirección transversal de mayor superficie. Distancia que separa los cantos de una pieza.

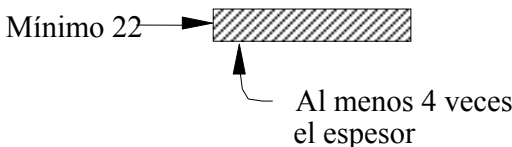
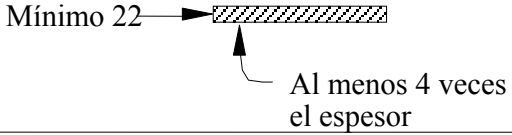
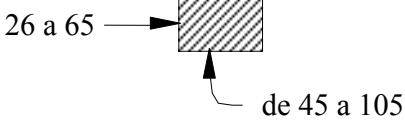
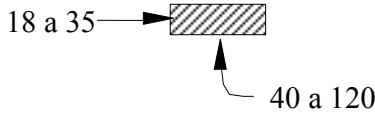
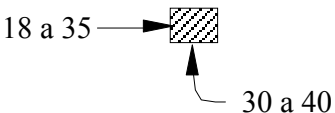
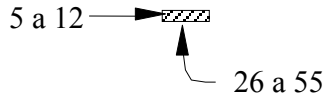


### 3.2.2.3 Piezas (terminología).

Se tratan en muchos manuales<sup>418</sup>

<p>Más de 120 → </p> <p>↑ Más de 120</p>	<p><b>VIGAS:</b> Sección cuadrada lado mayor de 120 mm.</p>
<p>Mínimo 55 → </p> <p>↑ Mínimo 225</p>	<p><b>TABLA:</b> Sección rectangular espesor mínimo: 55 mm. anchura mínima: 225 mm.</p>
<p>75 a 105 → </p> <p>↑ 205 a 225</p>	<p><b>TABLÓN:</b> Sección rectangular espesor de 75 a 105 mm. anchura de 205 a 225 mm.</p>
<p>55 a 65 → </p> <p>↑ 155 a 185</p>	<p><b>TABLÓN:</b> Sección rectangular espesor de 55 a 65 mm. anchura de 155 a 185 mm.</p>
<p>40 a 120 → </p> <p>↑ 40 a 120</p>	<p><b>VIGUETA:</b> Sección cuadrada de 40 a 120 mm.</p>

<sup>418</sup> Puede consultarse Philippe Bierling, op. cit., págs. 15-16.

 <p>Mínimo 22 →</p> <p>Al menos 4 veces el espesor</p>	<p>TABLA:</p> <p>Sección rectangular Espesor mínimo 22 mm. anchura: mínimo 4 veces el espesor</p>
 <p>Mínimo 22 →</p> <p>Al menos 4 veces el espesor</p>	<p>TABLA:</p> <p>espesor: 22 mm. anchura: mínimo 4 veces el espesor</p>
 <p>26 a 65 →</p> <p>de 45 a 105</p>	<p>TABLÓN:</p> <p>Sección rectangular espesor de 26 a 65 mm. anchura de 45 a 105 mm.</p>
 <p>18 a 35 →</p> <p>40 a 120</p>	<p>TABLILLA:</p> <p>Sección rectangular espesor de 18 a 35 mm. anchura de 40 a 120 mm.</p>
 <p>18 a 35 →</p> <p>30 a 40</p>	<p>LISTÓN:</p> <p>Sección rectangular espesor de 18 a 35 mm. anchura de 30 a 40 mm.</p>
 <p>5 a 12 →</p> <p>26 a 55</p>	<p>LISTÓN:</p> <p>Sección rectangular espesor de 5 a 12 mm. anchura de 26 a 55 mm.</p>

+ MADERO: pieza cortada al hilo, de gran escuadría y sección cuadrada o poco rectangular.

+ LISTÓN: Si las dimensiones del madero en testa son menores de 10 cm.

+ LISTONCILLO: Si esas dimensiones son menores de 5 cm.

+ TABLÓN: Pieza de escuadría rectangular cuy anchura es del orden de tres veces el espesor, siendo éste siempre superior a 4cm. ( $e > 4$  cm.)

+ TABLA: Pieza de poco espesor y gran anchura ( $1,5 < e < 4$  cm.)

+ RIPIA, LATA o CHILLA: Láminas de gran superficie y pocos centímetros de espesor.<sup>419</sup>



Torres García.  
L idea, Montevideo, 1942.  
Madera pintada.

Aparte de esta clasificación, cada tipo de madera tiene escuadrías particulares en función de las características dimensionales de su especie:

La madera maciza se presenta en el comercio en las siguientes formas: como tablas (de menos de 40 mm de grosor) o tablones (igual o mayores de 40 mm de grosor), tanto si están o no escuadrados; como listones, escuadrados, en forma rectangular o perfilados; como tablas de ripia ( $b$  menor de 8 cm y de una sección inferior a  $32 \text{ cm}^2$ ); como tablas de chilla ( $b$  igual o menor de 6 cm y  $h$  menor de 20 cm) o como vigas ( $b$  igual o mayor de 7 cm y  $h$  igual o mayor de 20 cm).<sup>420</sup>

#### 3.2.2.4 Calidad de la madera aserrada.

La madera aserrada suele clasificarse en función de los defectos (nudos, fendas, bolsas de resina, etc.) que contienen.

En Finlandia, por ejemplo, para su madera aserrada de Pino silvestre (Red Pine) y de Picea



Almacenaje exterior.  
Cortesía Maderas Medina.

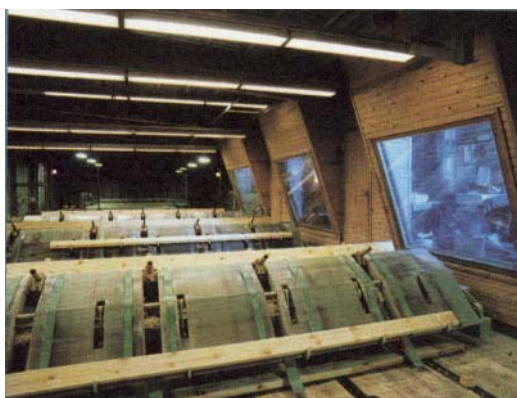
<sup>419</sup> Clasificación según Cassinello. (F. Cassinello, op. cit., pág.79).

<sup>420</sup> Hans Adam, *Cómo construir armarios y muebles auxiliares*, Editorial Ceac, S. A., Barcelona, 1995, pág. 9.



Abies (White Spruce) utilizan la siguiente nomenclatura:

CLASE (CALIDADES)						
A				B	C	D
A1	A2	A3	A4			



Clasificación final.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.

Las clases principales son la A, la B, la C y la D. La clase A es la que tiene la más alta calidad e incluye a las subclases A1, A2, A3 y A4. La clase A1 es, dentro de la clase A, la de mayor calidad. Y, evidentemente, la clase D es la de peor calidad y la que contiene mayor número de defectos.<sup>421</sup>

En los EE.UU., las calidades de la madera aserrada de frondosas, por



Calidad White Spruce. Finnish Timber Council.

Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.



Calidad Red Pine. Finnish Timber Council.

<sup>421</sup> Para mayor información vid. literatura técnica “Quality Timber from Finland. Buyer’s Guide” de Finnish Timber Council, 2000, Finland.

ejemplo, se establecen de la siguiente manera.<sup>422</sup>

- **FAS** (“first and second” o primeras y segundas): son piezas largas, anchas y libres de defectos (de un 83,33 % a un 100% de madera limpia). Usos: muebles de alta calidad, ebanistería, etc.
- **FAS1F** (“first and second 1 face” o primeras y segundas una cara) o también llamada **Selects**: La mejor cara debe ser FAS y la otra No 1.
- **No. 1**: Piezas sin defectos con una longitud y anchura medias. Usos: muebles y productos de madera maciza. De un 66,66% a un 83,33% de madera limpia.
- **No. 2A**: Piezas sin defectos cortas y estrechas a precio económico. Usos: armazones ocultos de muebles, marcos para cuadros, guías, bastidores para armarios, parquet, tarima. De un 50% a un 66,66% de madera limpia.

En el caso de las coníferas norteamericanas la cosa se complica pues se establecen calidades para los diferentes productos empleados en la construcción, principalmente.<sup>423</sup>

Aquí, en España, los sistemas de clasificación vienen establecidos en las normas UNE que incluimos al comienzo del capítulo.



Carga y transporte de las tablas.  
Cortesía de Madeas medina, S.A.

### 3.2.3 El trabajo de la madera.

También llamado *juego de la madera*, representa la inestabilidad volumétrica de la madera.

<sup>422</sup> Puede ampliarse información en “Guía ilustrada de las calidades de las maderas de frondosas” y en “Maderas de frondosas de los EE.UU. Especificaciones”, en *Guía de frondosas boreales para el decorador*, American Hardwood Export Council (AHEC), London, 1994.

<sup>423</sup> Una explicación y clasificación de las distintas calidades, por ejemplo, del Southern Pine norteamericano (*Pinus spp.*), usado en la construcción, puede verse en la literatura técnica “Southern Pine Use Guide”, del Southern Forest Products Association, Louisiana, 1996, págs 3-6.

### 3.2.3.1 ¿Qué es?

La madera es un material higroscópico y heterogéneo cuya forma y volumen se ven alterados según sean las condiciones ambientales de humedad.

La madera se hincha o dilata al absorber humedad y se contrae al perderla (ya que se trata de un cuerpo poroso). A este movimiento de retracción-turgencia se le denomina “trabajo” de la madera.<sup>424</sup>

Como la albura tiene los poros más dilatados por no haberse resinificado, es más susceptible a estos movimientos y sus deformaciones son más importantes.

Pero mientras que no lleguemos al punto de saturación de las fibras (PSF)<sup>425</sup> (Norma NFB 51006), no comenzarán los cambios dimensionales de la madera y las variaciones de las propiedades físicas.

El punto de saturación de las fibras corresponde al contenido de humedad, para el cual las paredes de las mismas han absorbido toda el agua que pueden absorber. Por tanto éste es el momento en el que la separación de las células alcanza su valor mayor y, por tanto, la madera ha alcanzado su mayor volumen. Este punto coincide con un 30% de humedad en la madera, poco más o menos.

La madera puede seguir aumentando su contenido en agua, pero no aumentará más de volumen, ya que el agua no se situará entre las paredes de las células, sino en los vasos y traqueidas del tejido leñoso. Esta última agua es agua libre..<sup>426</sup>

Y cuando la humedad de la madera baja de este punto se producirá la contracción de la misma (y solo habrá agua adherida a los vasos y agua de constitución, pero no existe agua libre). Si la madera fuera un material isótropo y su contracción fuera uniforme, lo mismo que su secado, no habría problemas demasiado importantes, pero la realidad es bastante diferente:

---

<sup>424</sup> Puede obtenerse información más detallada en “Concepto erróneo nº 8: la madera totalmente desecada no trabaja”, *Montes*, año II, Julio-Agosto, nº 10, 1946, Montes, Madrid, pág. 379-380.

<sup>425</sup> El punto de saturación puede estar entre un 28-30%. También se le denomina “humedad de saturación de las fibras”. Con respecto al punto de saturación de fibras vid. el artículo de Ángel Sánchez Plaza, “Algunas consideraciones sobre el punto de saturación de la fibra de madera y su determinación”, *Montes*, año XXII, nº 128, Marzo-Abril, 1966, Montes, Madrid, pág. 155-158.

<sup>426</sup> Fco Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983., pág. 897.

Esto no ocurre así: la experiencia enseña que las capas superficiales de la madera se secan más rápidamente que el interior. Por esta razón, las capas exteriores tenderán a contraer, por tener una humedad inferior al punto de saturación de las fibras, cuando el corazón de la pieza, posiblemente, no ha alcanzado todavía este punto y no muestra intenciones de contraerse. al no permitir el núcleo de la pieza la libre contracción de la capa exterior, se producirán tensiones internas que pueden ser de tal magnitud que los tejidos leñosos de ésta no puedan resistirlas y se rompan.<sup>427</sup>

Pero si una pieza con una humedad por debajo del punto de saturación absorbe agua comenzará su hinchazón, que será máxima cuando alcance dicho punto de saturación.

La hinchazón se produce antes en las capas externas que en las internas. «Desde el punto de saturación de las fibras hasta el estado anhidro hay una constante variación de sus propiedades físico-mecánicas. En general se puede decir que las resistencias mecánicas aumentan al disminuir la humedad de la madera en dicho intervalo»<sup>428</sup>.

Es importante saber que a partir de ese punto se desarrollan las hifas de los hongos.

### **3.2.3.2 Equilibrio higroscópico:**

La madera recién apeada tiene un alto porcentaje de agua que después, por medio del secado, habrá que eliminar. A veces este % es altísimo como ocurre con la madera de álamo, que contiene hasta 160 % de humedad.<sup>429</sup>

La madera se estabiliza, manteniendo la misma temperatura y humedad que el aire que la rodea, variando según lo hace éste.<sup>430</sup> Al fenómeno por el que la madera (y todos los cuerpos porosos) admite esa humedad (vapor de agua) se denomina *sorción* y puede verificarse de diferentes maneras:

---

<sup>427</sup> F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983, pág.941.

<sup>428</sup> Antonio Gutiérrez Oliva, “Propiedades de la madera”, *Acomat*, nº 39, Marzo-Abril, 1986, Acomat, Madrid, pág. 4.

<sup>429</sup> José M<sup>a</sup> Poza Lleida, op. cit., pág.84.

<sup>430</sup> Para Europa corresponde una humedad media de la madera de 14-15%.

- Si se produce por fuerza de atracción molecular, se denomina *SORCIÓN MOLECULAR*. Sólo se puede eliminar con calor. (De 0 a 6% de humedad).
- El vapor se condensa en las proximidades de la superficie exterior del sólido: *ADSORCIÓN*, no formando capa líquida. (Del 15% de humedad media).
- Retención del vapor de agua en el interior del cuerpo y no en su superficie *ABSORCIÓN*. (30% por término medio).
- Si se condensa en los capilares del cuerpo poroso: *CONDENSACIÓN CAPILAR*. (El diámetro de la molécula de agua es aproximadamente  $3,2 \cdot 10^{-8}$  cm o  $3,2 \text{ \AA}$ )<sup>431</sup>.

La higroscopicidad de la madera queda reducida por la formación de duramen (producida por resinificación, inclusiones de taninos y materias colorantes), pero estas inclusiones y almacenamiento de sustancias la hacen más resistente al ataque de hongos.

Al fenómeno contrario, a la pérdida de humedad, se le denomina “desorción”. Este fenómeno y el de sorción se ven influenciados por varias propiedades y entre ellas: la gran superficie interior de la madera (estructura porosa) que varía de 20 a 280 m<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup> <sup>432</sup>, lo que nos da una idea de la gran superficie en la que pueden quedar retenidas las moléculas de agua.

Si estuviéramos secando madera al aire, llegaría un momento en que no perdería más agua, porque habría llegado a un equilibrio entre su propia

---

<sup>431</sup> Para información más detallada vid. Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, págs. 417-426. Es interesante pues de estos fenómenos depende el comportamiento posterior de la madera. Alejandro López de Roma desarrolla con detenimiento lo comentado por Kollmann pero de manera más extensa y gráfica. Recomendables ambas lecturas para comprender correctamente los fenómenos de sorción (Alejandro López de Roma “Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. 1ª edición. Madrid, 1985. Edita: Mº de Cultura, dirección Gral. de BB.AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología. Trabajos presentados en la 5ª Ponencia de la Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, celebradas en Madrid en marzo de 1985). También es interesante el comentario que hace al respecto Gustav Kraemer Koeller, op cit, págs. 45-48.

<sup>432</sup> Alejandro López de Roma “Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. 1ª edición. Madrid, 1985, pág 19.

humedad y la del aire que la rodea. A este estado es a lo que se le llama equilibrio higroscópico o *humedad límite de la madera*.

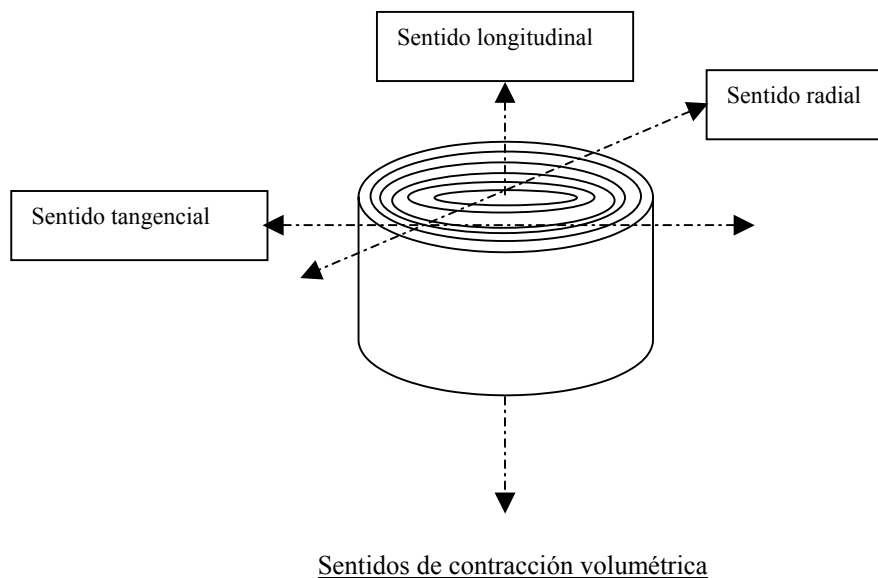
Es importante ser previsores y utilizar madera con un % de humedad similar al lugar donde vaya a estar ubicada posteriormente.

### 3.2.3.3 La contracción, retracción o merma en la madera.

Pero este movimiento es diferente según las direcciones en la que se mida.<sup>433</sup>

- Es muy violento tangencialmente (3,6%)
- Un poco menos en el sentido radial (1,95%)
- Casi inexistente en el axial o longitudinal (0,15%)<sup>434</sup>

Evidentemente son cifras muy generales, ya que varían según factores que veremos más adelante.<sup>435</sup>



<sup>433</sup> Esto es debido a la anisotropía, es decir, las fibras de la madera no están dispuestas regularmente por eso sus movimientos son diferentes según las direcciones.

<sup>434</sup> César Peraza Oramas, "Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableos de residuos", *Montes*, Marzo-Abril, año X, nº 56, 1954, Montes, Madrid, pág.127.

<sup>435</sup> Vid. Antonio Camuñas y Pareds, op. cit., pág. 224.

MADERA	Porcentaje de contracción en la dirección...		
	Del eje	Del radio	De la cuerda (Tangencial)
Abeto rojo	0,12	2,9	6,7
Alerce	0,08	2,2	6,3
Aliso	0,37	2,9	5,1
Encina	0,13	3,1	7,8
Haya	0,20	5,0	8,3
Pinabete	0,08	2,4	6,2
Pino silvestre	0,12	3,0	5,7

Las maderas pueden clasificarse según sea la contracción volumétrica total que sufren:

a) *Maderas de débil contracción:*

Contracción volumétrica total comprendida entre el 5 y el 10%.

b) *Maderas de contracción media:*

Contracción volumétrica total comprendida entre el 10% y el 15%

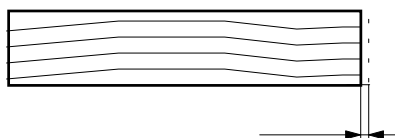
c) *Maderas de fuerte contracción:*

Contracción volumétrica total comprendida entre el 15% y el 20%

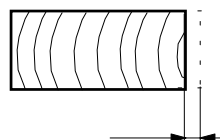
Estos movimientos van a determinar los distintos despieces a que van a ser sometidas las trozas en los aserraderos. De estos despieces va a depender el comportamiento futuro de las piezas.

+ La dirección:<sup>436</sup>

- **Axial:** variación poco apreciable. Longitudinalmente se contrae del 0,1 al 0,3%

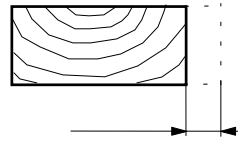


- **Radial:** variación débil (hasta 5%)



Según Fritz Spannagel, op. cit., pág. 53.

- **Tangencial:** variación importante (hasta 10%)



Las contracciones más importantes se producen como vemos en el sentido radial y en el tangencial, y son ellos dos los causantes de las deformaciones que se producen en las piezas de madera.

- **Los efectos en la utilización de la madera.**

Consúltense la norma:

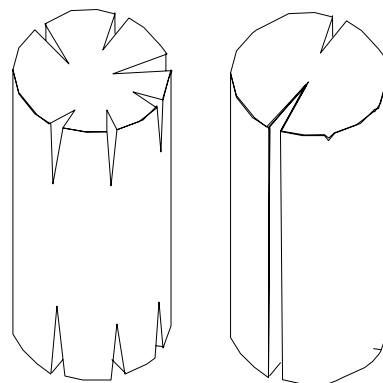
- UNE 56544:1997. *Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural.*

Los efectos más inmediatos son:

*Cambios de tamaño:* Con la absorción de agua, la madera se hincha y aumenta de tamaño. Cuando pierde humedad se contrae y su tamaño se reduce.



Tocón y fendas de contracción.



Fendas de secado en Plátano de sombra (*Platanus hybrida*).



**Cambios de forma:** Se producen tanto en los rollizos como en la madera de sierra y consisten en contracciones, alabeos, y curvaturas, etc. en las tablas, y las fendas más comunes en los rollizos y trozas, que siguen la dirección de los radios.

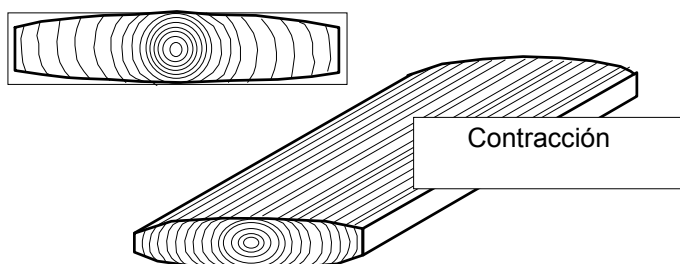
Debidos, estos cambios, principalmente a que los poros de la madera son de distintos tamaños y se distribuyen de una manera no uniforme.

+ En los rollizos: Las fendas se producen porque la superficie se seca más rápidamente que el interior<sup>437</sup>, y como consecuencia de la contracción transversal:

Como consecuencia de los % anisótropos de contracción transversal, aparecen grietas en las maderas en rollo y se desfiguran sus perfiles, pues la contracción hace curvarse a las aristas rectas de las secciones transversales, perturbando considerablemente la manipulación de la madera y produciendo, además, el alabeo de tablas y desigualdades en su superficie. Esto causa un perjuicio considerable cuando se trata de ensambladuras de madera (...) y por ello sólo pueden emplearse tablas o tablonos de duramen, (...)<sup>438</sup>

+ En las tablas: Se producirá la deformación según el despiece.

- Corte radial con el corazón en el centro: se produce una disminución en la albura. A esto se le denomina CONTRACCIÓN.



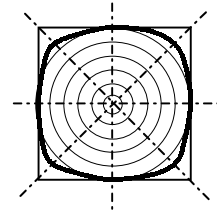
Las maderas con mayores índices de contracción son: el haya, el roble, el abeto. La que menos, el pino común.<sup>439</sup>

<sup>437</sup> Para una información más completa vid. *Montes*, año II, Julio-Agosto, nº 10, 1946, Montes, Madrid, págs. 378-379.

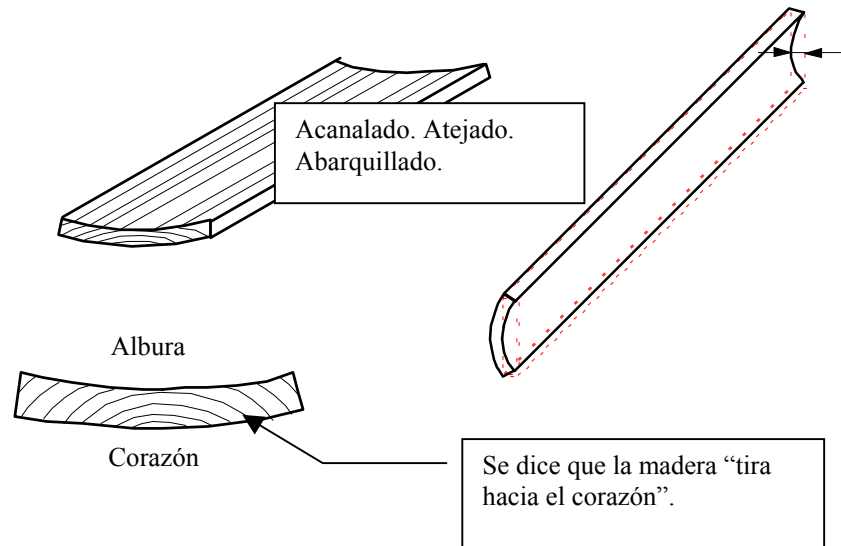
<sup>438</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 460.

GRINÁN PARÉS, José, *La madera en la construcción*, Tomos I y II: Carpintería de armar, 5ª edición, Ediciones Ceac, S. A., Barcelona, 1965, pág. 15.

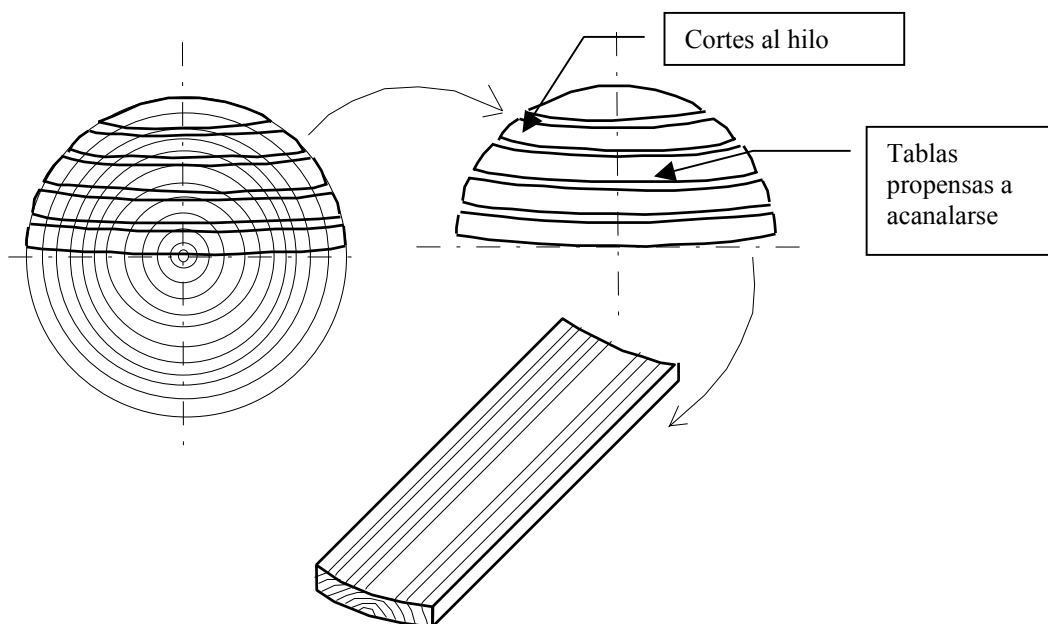
Este despiezo es simétrico, por eso se produce una contracción de ese tipo. En el caso del despiezo enterizo ocurre lo mismo, pero aquí existen más ejes de simetría.



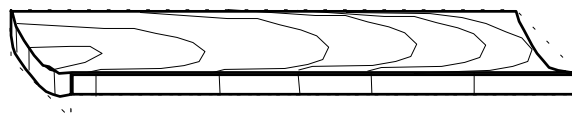
- Corte tangencial: deformación en sentido contrario a los anillos.



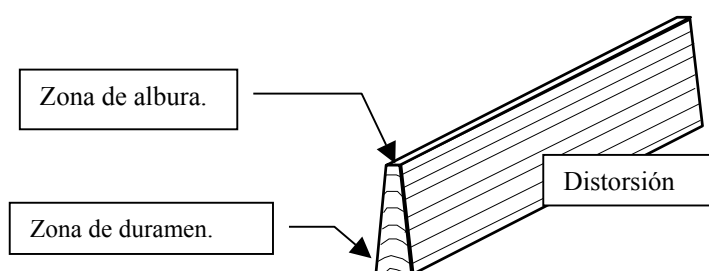
Este tipo de piezas de corte asimétrico (referida a piezas tipo despiezo enterizo, por ej.) ofrece contracciones bastante diferentes del corte radial con el corazón en el centro. En ella se produce un acanalado con una orientación contraria a los anillos de crecimiento.



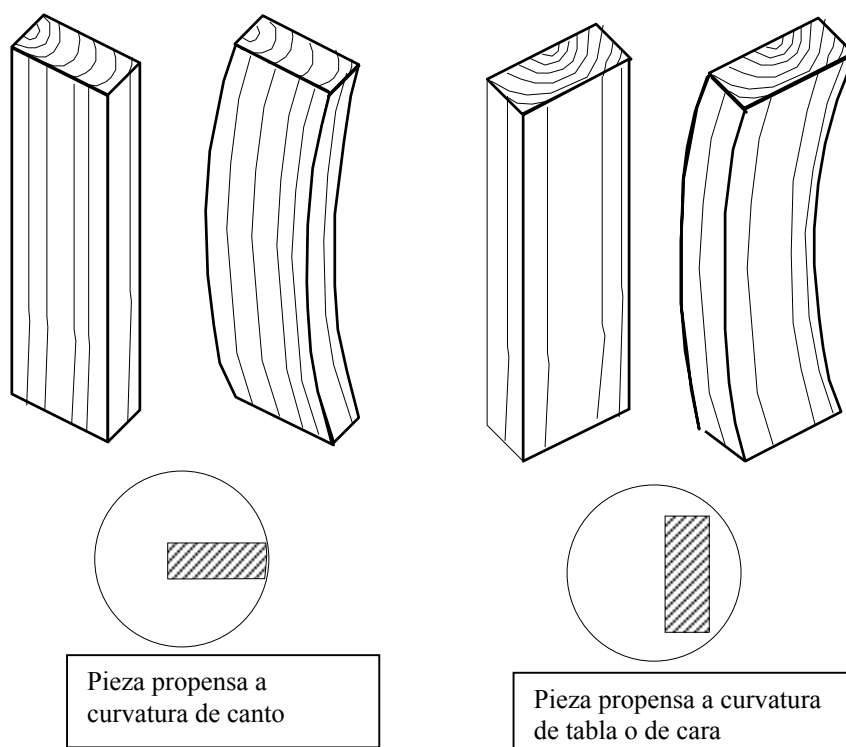
Es más evidente cuanto menor es el grosor de las tablas.



- Otra deformación es la distorsión: los cantos decrecen más en las zonas de albura, este es el motivo que obliga a acoplar albura con albura y duramen con duramen. Hacer lo contrario contribuye a aumentar las futuras deformaciones.<sup>440</sup>

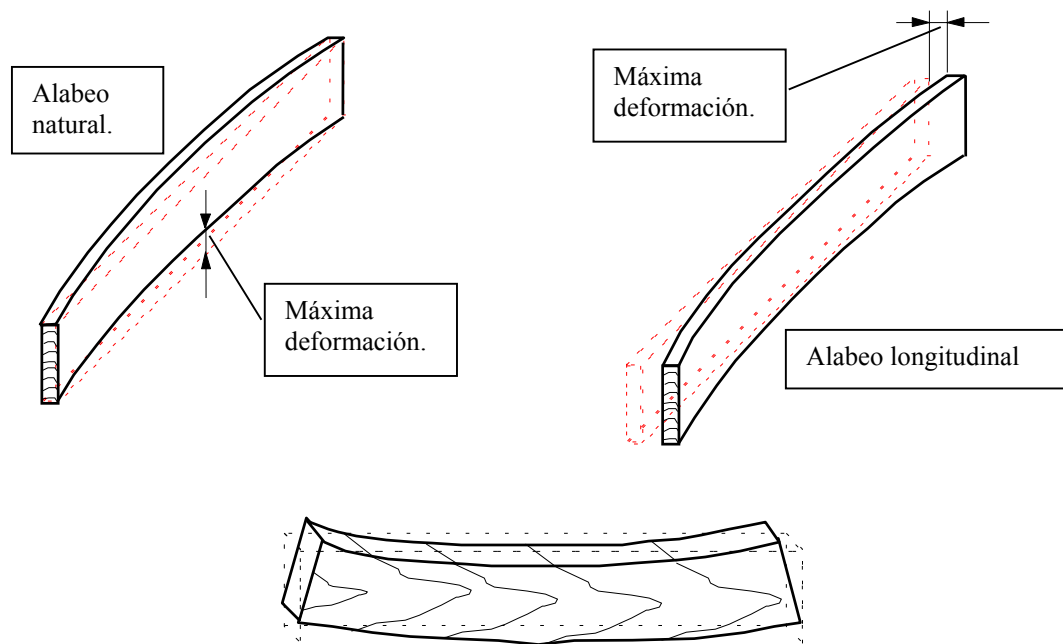


- Curvatura<sup>441</sup>

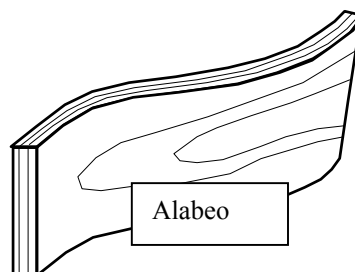


<sup>440</sup> Para más información vid. Fritz Spannagel, op. cit., págs. 52-58. Podemos observar la correcta disposición de las tablas a la hora de conformar tableros (especialmente los marcos de cuadro) de madera natural e intentar amortiguar *el juego de la madera*. Vid. También Cassinello, op. cit. Pág. 78.

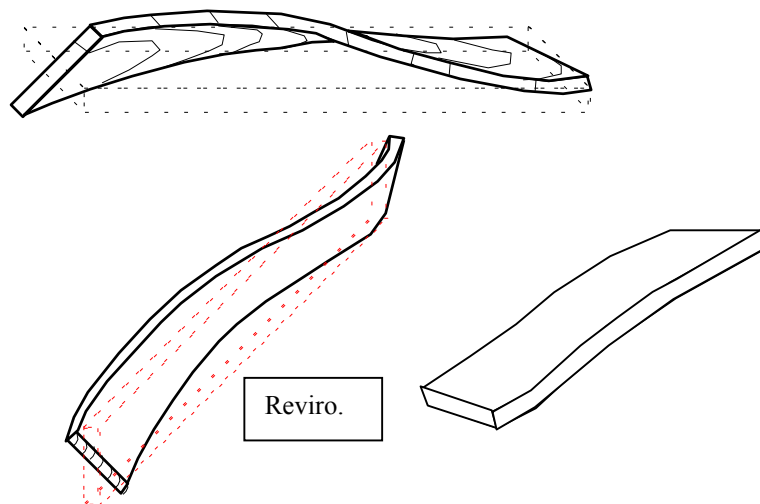
<sup>441</sup> Vid. Camuñas, op. cit., págs. 224-225.



- Curvamiento o alabeo: se debe exclusivamente al hinchamiento y contracción de la madera y es más o menos pronunciado según de donde se hayan obtenido las tablas.

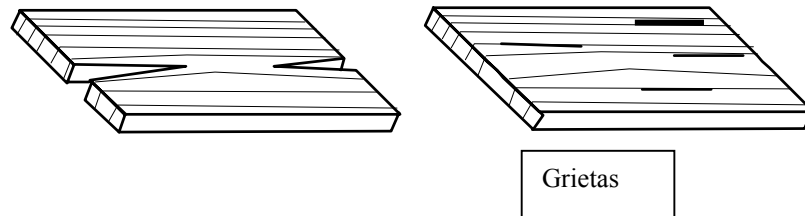


- Reviro: Se trata de un alabeo oblicuo. Proceden de troncos retorcidos o de forma helicoidal.



- Fendas externas: Producidas por secado rápido (en ambiente con poca humedad) y porque las contracciones son distintas en cada dirección. También se les denomina rajaduras y no son lo mismo que grietas.

Son más propensas las tablas de corazón por la fuerte contracción

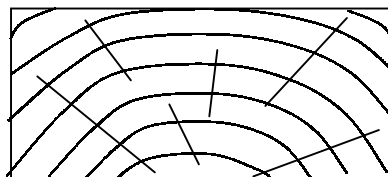


registrada a ambos lados del mismo, por eso suele eliminarse esa parte central:

Las grietas externas se producen cuando el secado tiene lugar en un ambiente con muy poca humedad, ya que, entonces, la evaporación superficial es muy elevada y el paso del agua del núcleo de la pieza a la superficie no es suficiente para sustituir toda el agua evaporada. El gradiente de humedad es muy acusado y la capa superficial (de décimas de milímetro) tiende a contraerse; y al no poder hacerlo por impedírselo las capas subyacentes, aún más húmedas, se agrieta. El defecto no suele ser grave y tiene a su favor que es un aviso de que las condiciones de secado son demasiado severas.<sup>442</sup>

A esa diferencia de humedad que existe entre la médula y la superficie se le llama “caída del grado de humedad”.

- Fendas internas: Es lo primero que se produce por un secado externo muy brusco. Si se produce el secado de manera artificial surgen al utilizar aire muy caliente y seco. Presentan la dirección radial.



La humedad circula a mucha mayor velocidad en la dirección axial que en la radial o en la tangencial. Por esta razón los extremos de una pieza se secan más deprisa que el resto, lo que da lugar a unas grietas en los extremos de las piezas que

<sup>442</sup> F<sup>co</sup> Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983., Tomo II, pág. 943.

tienden a propagarse hacia el interior con un efecto semejante al de una cuña clavada en ellos.<sup>443</sup>

- **Factores que influyen en la contracción.**

Hay varios factores importantes. Entre ellos:

a) La densidad (maderas densas y maderas ligeras). Densidad: Maderas más densas producen contracciones más importantes que las menos densas.

b) La dirección (axial, radial, tangencial).

#### **3.2.3.4 Hinchazón en la madera:**

Al igual que la contracción, la hinchazón es una de las características que deriva de los fenómenos de sorción y desorción.

Podemos considerar que la hinchazón producida al absorber humedad es similar al volumen de agua absorbida:

El aumento de volumen que experimenta la madera al hincharse se puede considerar que es aproximadamente igual al volumen de agua sorbida, si se prescinde de la pequeña contracción que sufre el agua contenida en la pared celular y del insignificante estrechamiento que experimentan los poros de la misma.

Se ha comprobado experimentalmente que la variación volumétrica externa depende linealmente del contenido de humedad desde 0 al 28%, siendo mayor cuanto más alta es la densidad de la madera (...)<sup>444</sup>

La hinchazón, al igual que la retracción o contracción no es homogénea, depende de la dirección observada, así en sentido axial es casi inexistente, pero tangencialmente y radialmente es muy importante.

#### **3.2.3.5 Causas que pueden modificar el contenido de humedad en la madera.**

La madera, como ya dijimos, debe tener un contenido de humedad que se corresponda con el lugar donde va a estar expuesta o aplicada. Dado que

---

<sup>443</sup> Idem., pág. 943.

<sup>444</sup> Alejandro López de Roma, op. cit., Pág. 20.

en el terreno de las BB.AA. esto es muy importante para su correcta conservación, debe haber, pues, una adecuada ventilación.

Pueden producirse, por causas fortuitas, ciertos aportes de humedad que, de no controlarlos, pueden generar serios problemas:

- Humedades provocadas por lluvia: pueden generar problemas en tableros expuestos a la intemperie sin las debidas protecciones, es decir, sin adhesivos a prueba de humedad o con tratamientos hidrófugos.
- Aporte de humedad de materiales sobre los que se apoya (capilaridad) el soporte: paredes, suelos, etc.
- Condensaciones<sup>445</sup>. Evitable con una correcta ventilación, calefacción o por medios de aire acondicionado<sup>446</sup>.

### 3.2.4 Secado de la madera.

“(…) Ella hizo construir una sala de muros tan fuertes y gruesos que ningún rayo podía penetrar a través de ellos; allí debía quedarse él cuando fueran encendidas las luces para la boda. Pero la puerta había sido construída con madera nueva, en la que, al resquebrajarse, se abrió una pequeña rendija, que nadie notó.”

*La alondra cantarina y saltarina.* Cuentos de Jacob y Wilhelm Grimm.

Si cuando se despieza un rollizo las tablas obtenidas están derechas, esto quiere decir que los problemas que surgen después se pueden producir por un secado más o menos incorrecto.<sup>447</sup> Lo que se pretende pues, con el secado, es estabilizarla, hacer que en el futuro se amortigüen los movimientos:

El estudio del tratamiento de la madera conducente a modificar sus condiciones o cualidades, para situarlas en forma de conseguir para ella, un aumento de lo que pudiéramos llamar

---

<sup>445</sup> Nos referimos a la “condensación superficial”, producida por la saturación del vapor de agua que contiene el aire, y no a la “condensación intersticial” que se produce porque el material retiene humedad por diferencias de presión de vapor, etc. Información mas completa vial. Grau Enguix, GRAU ENGUIX, Joaquín, Estudio general de aplicaciones del tablero aglomerado de madera en la construcción, editorial Odita, 1978., pág. 123.

<sup>446</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994, pág. 483 y Pierre Auguste (director), *Realice Ud. Mismo el aislamiento*, ed. Espasa Calpe, S.A. Madrid, 1971, pág. 33.

<sup>447</sup> Vid. “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., 161.

sus “defensas”, tendiendo a estabilizar su contenido higroscópico, con la mayor independencia posible del medio en que ha de permanecer, constituye la técnica del secado.<sup>448</sup>

Cuando la madera permanece húmeda es susceptible de ser atacada por hongos, insectos, etc., pierde propiedades mecánicas y puede hacer que la savia fermente por un alto grado de humedad. Se facilita el transporte cuando ha sido desecada<sup>449</sup>

Las técnicas de secado correcto llegaron hace tiempo también a la arqueología náutica, pues el desconocimiento de estas técnicas acarrea la pérdidas de objetos

arqueológicos de madera importantísima, pues se destruían al ser extraídas del agua, dejándolas secas.



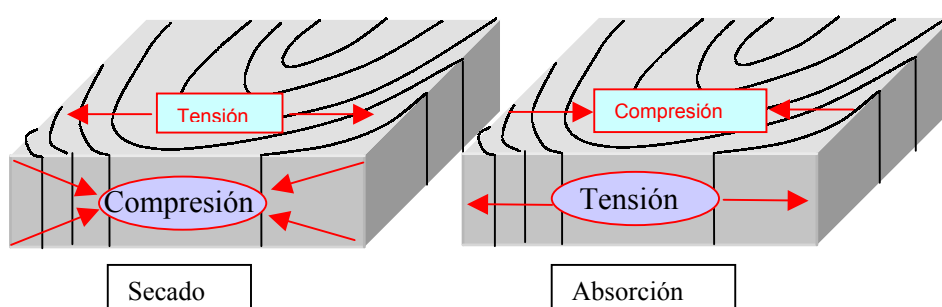
Medición de la humedad.

Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia

Generalmente la madera se salva de la descomposición biológica por estar saturada de agua, pero este factor plantea un problema al arqueólogo.

Si se deja secar, la madera se encoge y se raja y puede llegar a degenerarse hasta el punto de que sea irreconocible la parte de la embarcación a que pertenece.<sup>450</sup>

Actualmente uno de los métodos más usados por arqueólogos es sustituir el agua por una “cera sintética” hidrosoluble como el polietilenglicol (PEG) y posteriormente proceder al secado de la madera.



<sup>448</sup> Poza LLeida, op cit, pág. 82.

<sup>449</sup> Fco Arredondo Y Verdú, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983., Tomo II, pág. 939.

<sup>450</sup> Hugh Johnson, op cit, pág. 180.



### 3.2.4.1 Humedad de la madera (relación agua-madera).<sup>451</sup>

La humedad de un cuerpo depende de:

- Grado de humedad del ambiente como factor externo.<sup>452</sup>
- Su composición (porosidad, capilaridad, etc.), como factor interno, para absorberla.<sup>453</sup>

Los árboles necesitan del agua para su desarrollo, Dicha agua asciende por los vasos, traqueidas, etc., hasta las hojas y después de realizar la fotosíntesis baja y se reparte en forma de savia elaborada.

El agua fluye por fibras de aspecto tubular, por lo que podríamos simplificar diciendo que la madera que forma los árboles está formada por haces tubulares llenos de fluidos, es decir, una estructura hueca, porosa, llena parcial o totalmente de agua, que suele alcanzar porcentajes de 50% a 110% de agua<sup>454</sup> cuando la madera está recién apeada. Midiendo esta humedad en el momento de apeo se arrojan cifras parecidas a estas:

Húmedas, con el 60% y más de agua: chopo, aliso, olmo.  
Semihúmedas: 50% de agua; pinos, sauces, abedul, haya.  
Semisecas; 40%: acacia, almez, boj, castaño, nogal, roble.  
Secas: 30% y menos; fresno y tejo.<sup>455</sup>

Las paredes celulares están saturadas pero aún así no contienen toda el agua libre que pueden contener por la gran cantidad de aire en su interior. Si se eliminara podría llegar hasta el 200%.<sup>456</sup>

<sup>451</sup> Antes de comenzar, veamos algunos términos relacionados con la humedad: *Humedad relativa*: grado higrométrico, como cantidad de vapor de agua contenido en el aire en determinadas condiciones de presión y temperatura. *Humedad, grado de hidratación*, como cantidad de agua de que está impregnado un material. *Higroscopicidad*, como propiedad que tiene un material para absorber o condensar la humedad de la atmósfera.

<sup>452</sup> Para ayudarnos a comprender esto, mostramos la siguiente tabla de temperaturas y la cantidad de agua, expresada en gr que puede contener 1 m<sup>3</sup> de aire a la presión de 760 mm (Wolfgang Gerspmyer, "El secado de la madera", *Montes*, año XXI, nº 125, Sept-Oct, 1965, Montes, Madrid, págs. 412-413).

Temperatura (°C)	Contenido en agua (gr/m <sup>3</sup> )	Temperatura (°C)	Contenido en agua (gr/m <sup>3</sup> )
0	4,8	60	130,1
10	9,4	70	197,9
20	17,3	80	293,0
30	30,4	90	423,1
40	51,1	100	597,3
50	82,9		

<sup>453</sup> Grau Enguix, op. cit, pág. 122.

<sup>454</sup> Puede comprobarse el contenido de humedad con un aparato denominado xilohigrómetro.

<sup>455</sup> Camuñas, op cit, pág. 222.

A partir de aquí y procediendo al secado de esta madera recién apeada tenemos distintas denominaciones:

HUMEDAD (%)	ESTADO DE LA MADERA	MEDIO
> 70	Madera empapada	Sumergida en agua
30-70	Madera verde.	En pie o cortada en monte
30	Madera saturada	El aire saturado en humedad. <sup>457</sup>
23-30	Madera semiseca. <i>o poco seca</i>	Al aserrar
18-22	Madera comercialmente seca	Al aire
13-17	Madera seca al aire	Bajo cubierta
< 13	Madera muy seca. <i>Madera desecada</i>	Secada en cámara o clima muy seco
0	Madera anhidra	Secada en estufa.

Pero, además, la madera de primavera contiene mucha más agua que la de otoño, por tener las cavidades celulares más amplias. Según Kollmann la madera de pino silvestre contiene las siguientes cantidades: madera de primavera el 220% de humedad y la de otoño el 58%. Con la albura y el duramen ocurre lo mismo.<sup>458</sup>

Lógicamente la madera con esa humedad no se puede trabajar. De manera que se despieza y se seca para poder ser utilizada.<sup>459</sup> Se establece el 15% como el % medio de madera seca. Un secado por debajo entrañaría pérdida de resistencia, entre otras cosas.

Estos haces tubulares pueden resultar obstruidos por inclusiones celulares (resinificación por ej.) en el caso del duramen y con ello disminuye la velocidad de



Abedul. Finlandia.  
Cortesía de  
Schauman Wood  
Oy.

<sup>456</sup> Arredondo, op, cit, pág. 896.

<sup>457</sup> “No existe agua libre, pero las paredes están saturadas; se dice que ha alcanzado el *punto de saturación de la fibra*.” (Arredondo, op, cit, pág. 896).

<sup>458</sup> Kollman, op, cit, pág. 430.

<sup>459</sup> Puede haber excepciones con algunas especies como la teca, que «se desecan siempre antes de ser cortadas con el fin de reducir su humedad adecuadamente para ser transportadas por flotación» (“Concepto erróneo nº 5: La madera muerta es inferior a la de los árboles vivos”, *Montes*, año II, Julio-Agosto, nº 10, 1946, Montes, Madrid, pág. 378.)

difusión, y con ello el secado. Esto suele ocurrir en las coníferas resinosas y en algunas frondosas.<sup>460</sup>

Esta humedad contenida influye sobre las demás propiedades<sup>461</sup> de la madera de manera importantísima, por ej. en la resistencia mecánica:

Por cada 1% que aumenta la humedad, la resistencia disminuye un 4%. Los ensayos de resistencia se expresan en función de una humedad media internacional del 15%; la humedad normal media en España es el 13%<sup>462</sup>

También rebaja el poder calorífico, aumenta su densidad, disminuye mucho su resistencia a la compresión (las otras resistencias también, por sobre todo esta) y, por último, resulta más difícil conservarla<sup>463</sup>. De la humedad también depende el rendimiento y calidad de la celulosa y la resistencia al ataque de hongos.<sup>464</sup>

Situaciones en las que puede permanecer el agua en la madera:

- Agua de constitución<sup>465</sup>: Forma parte de la materia leñosa y no se puede eliminar. Si se elimina, se destruye la célula. «Es constante mientras no se someta la madera a la acción de un proceso de destrucción sea físico por la acción del calor, como la carbonización, químico al atacarlas por ácidos o sales, o biológico (hongos xilófagos)»<sup>466</sup>.

Cuando la madera sólo contiene esta agua, se dice que la madera es “anhidra” o que está totalmente seca.

- Agua de saturación<sup>467</sup>: Retenida en las paredes de los poros por fenómenos de ósmosis o de tipo eléctrico. Muy difícil de eliminar. Se elimina con temperaturas de 100-110° C (corresponde a la humedad ambiente). Es la responsable de los fenómenos de retracción y turgencia.

---

<sup>460</sup> Kollman, op, cit, pág. 517.

<sup>461</sup> Físicas y mecánicas, estabilidad dimensional y resistencia a xilófagos.

<sup>462</sup> Nájera, op, cit, pág. 59.

<sup>463</sup> Román y Arriyo, op, cit, pág. 233.

<sup>464</sup> Kollman, op, cit, pág. 399.

<sup>465</sup> También llamada “Agua Combinada.”

<sup>466</sup> Fernando Nájera y Angulo, “El problema de la desecación de la madera. Estudio de los sistemas y procedimientos actualmente empleados, *Montes*, año III, nº 13, Enero-Febrero, 1947, Montes, Madrid, pág.31.

<sup>467</sup> O agua de impregnación, o agua ligada, agua higroscópica o de saturación de la pared celular.

- Agua de imbibición: Es agua libre que rellena los poros (el interior del lumen de las células) por capilaridad. Se elimina fácilmente por medio del secado. Si se quisiera recuperar, habría que recurrir a sumergir la madera en agua pues no se puede recuperar de la humedad atmosférica<sup>468</sup>. No influye en la hinchazón o merma, ni en las propiedades mecánicas. A veces puede llegar hasta el 250 y 300%.<sup>469</sup> Cuando todos los lúmenes están vacíos se obtienen el punto de saturación de fibras (p.s.f.)

### 3.2.4.2 Sistemas de desecación para la madera maciza.

Pueden darse muchas posibilidades diferentes.

- **Secado natural.**

También se le denomina: **Desecación natural. Secado al aire libre. Secado al aire. Secado a cielo abierto.**



Secadero natural.  
Cortesía de Grecon  
Dimter.

“La madera de enero no la pongas al humero; déjala estar cortada que ella se curte y amansa.”

*Refranero español.*

También denominado secado al aire. Por su propiedad higroscópica la madera comienza a perder parte de esa agua

contendida en ella: pierde poco a poco el agua libre, quedándose con el de constitución y el de saturación. En este punto se dice que la madera está seca al aire.<sup>470</sup> El tiempo que tarda en secar la madera viene definido, según Gerspmayer,<sup>471</sup> por una serie de puntos: humedad inicial de la madera, humedad final, clase de madera, grueso de la madera, temperatura y humedad ambiente.

<sup>468</sup> Alejandro López de Roma, “Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología, Madrid, marzo, 1985, pág. 19.

<sup>469</sup> Fernando Nájeray Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 64.

<sup>470</sup> Idem, pág. 59.

<sup>471</sup> Wolfgang Gerspmayer, op. cit., pág. 413.

El secado al aire consiste en colocar las tablas o piezas de madera en pilas de tal manera que el aire pueda circular entre ellas. Deben estar a cubierto de la lluvia y del sol y nunca en contacto con el suelo o maderas podridas, pues podrían generar mohos. Lo habitual es sobre un solado de hormigón. Las pilas suelen ser de no más de 5 m. de altura por razones de accesibilidad.<sup>472</sup>

El problema de este método es que no se realiza un secado adecuado porque se llega, todo lo más, aun (16-18%). Hay que bajar todo lo rápido que se pueda hasta el punto de saturación de fibras para evitar las pudriciones.

La desecación superficial por evaporación desequilibra la presión osmótica interna del agua que tiende a salir hacia el exterior hasta que el medio ambiente deje de absorber humedad, en cuyo caso la pieza queda estabilizada, es decir, que si el aire exterior es seco la absorción será rápida y si esta saturado la desecación será nula<sup>473</sup>

El problema de estos métodos es que son lentos.<sup>474</sup> De meses a años, según especies y escudaría<sup>475</sup>.

La humedad no disminuye de igual forma:

Es rápida en la dirección axial.

Es media en la dirección radial

Es lento en la dirección tangencial.

Otro problema es que no es un sistema que se pueda controlar puesto que ya sabemos que las especies tienen comportamientos diferentes en muchos órdenes y el secado no es una excepción. Además dependerá

<sup>472</sup> Información más completa de los sistemas de apilado de tablas en Arredondo, op. cit, págs. 945-946.

<sup>473</sup> Camuñas, op cit, pág. 321

<sup>474</sup> Se suele necesitar de 1 año (esta era una regla seguida antiguamente) por centímetro de espesor para secar la madera, en el caso de las duras. En las blandas suele ser la mitad.

<sup>475</sup> Las frondosas tienen un periodo de secado más largo que las coníferas. Según Poza, los tiempos vienen a ser los siguientes:

Especie	Grosor	Secado	Tiempo	Humedad %
Haya	50 mm.	Aire libre	1 año	25 -30
Haya	50 mm.	Aire libre	2 años	aprox. 20
Haya	50 mm.	Aire libre	3 años	aprox. 15
Roble	50 mm.	Aire libre	4 años	18

(Poza Lleida, op. cit., pág. 84).

también del tipo de climatología reinante en la zona, escuadrías de las piezas, etc.

Al ser procesos lentos se inmoviliza durante mucho tiempo la madera.

Otro problema es lo caro que resulta el mantenimiento de las grandes extensiones que requiere, cobertizo, personal trabajador, etc.<sup>476</sup>

Durante el secado natural pueden producirse contagios e infecciones en la madera por el contenido de savia y humedad. También suelen producirse descomposiciones por esa misma humedad y ambientes muy calurosos. En estas condiciones se producen “maderas frágiles”

Este sistema se usa para el secado de chapas baratas de desenrollo y de cuchilla, destinadas a embalaje, etc.

Hay una variante de este método usada para el secado de chapas, se trata del *secado en desván*. Las chapas se cuelgan con pinzas de unas vigas.

- **Secado a humo.**

Variante del secado natural y muy antiguo. También se le conoce como **OREO**.

Se trata de exponer el material a acción del humo de manera que éste acabe con los xilófagos<sup>477</sup>.

- **Secado electroquímico.**

Procedimiento ya en desuso. Consiste en lo siguiente:

(...) Sumergiendo el material en un baño de colofonia y carbonato sódico y haciendo pasar la corriente eléctrica que tiende a acumular la savia en la periferia, favoreciendo su evaporación y dejando la madera mineralizada y aséptica.<sup>478</sup>

- **Secado artificial.**

---

<sup>476</sup> En el caso de la madera secada en secadero térmico, por ejemplo el instalado en el Pinar de Valsain, en Segovia, el precio de la madera se incrementa en unos 27,05-36,06 €/m<sup>3</sup>, según gruesos. Son precios del mes de febrero de 2000.

<sup>477</sup> Camuñas, op, cit, pág. 321.

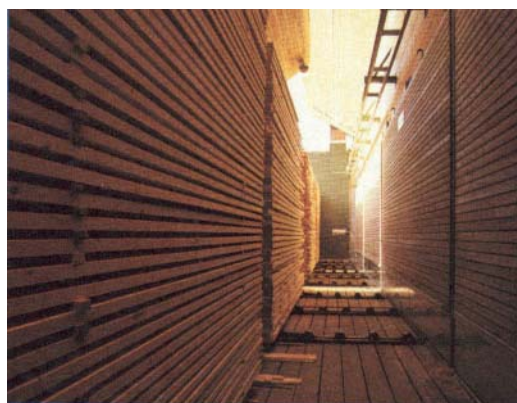
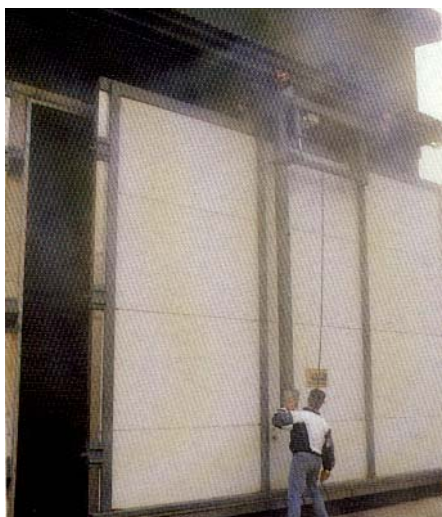
<sup>478</sup> Camuñas, op, cit, pág. 321.

### Dsecación por medio de aire caliente y humedad.<sup>479</sup>

El secado artificial ha ido evolucionando constantemente tratando de paliar los defectos de secado originados por incorrectos sistemas de secado.

Los primeros secaderos artificiales trabajaban exclusivamente con aire caliente. Esto acarreaba problemas graves ya que la parte externa secaba demasiado rápidamente, produciendo fendas, pues el interior continuaba húmedo.

El control de la temperatura de aire y el estado higrométrico comenzó a tenerse en cuenta a principios del siglo XX. Y desde los años 40, en Alemania W. Fischer, Kollman y Piert estudiaron los fundamentos del secado



Puerta e interior de secadero artificial.  
Cortesía de Metsäntuottajat Oy. Finlandia.

de la madera por medio de diversos métodos, centrando sus esfuerzos en las mejoras de los métodos tradicionales.<sup>480</sup>

Con los secadores artificiales el agua contenida en las piezas se extrae por medio de calor.<sup>481</sup> El vapor de agua pasa a la atmósfera desde el

---

<sup>479</sup> Consultar el importante artículo de Nájera y Angulo “El problema de la dsecación de la madera. Estudio de los sistemas y procedimientos actualmente empleados” en la *Montes*, año III, nº 13, Enero-Febrero, 1947, Montes, Madrid, págs. 36-43. En él se explican los sistemas más usuales en aquella época.

<sup>480</sup> Wolfgang Gerspmyer, op. cit., pág. 412. Vid. también Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, M° de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 438.

<sup>481</sup> “A más de 110° C la madera empieza a descomponerse” (Idem, pág. 402).

secadero, donde es eliminado con ayuda de aire en circulación. El secadero debe mantener una cierta humedad para evitar secados superficiales prematuros de las piezas y originar fendas de contracción, ya que impiden la salida de la humedad interna.<sup>482</sup>

Cada especie, al tener características diferentes entre sí, también tienen una determinada temperatura que favorece su correcto secado y que si se sobrepasa se producen grietas externas o internas, por eso es necesario estudiar muy bien las necesidades de cada especie<sup>483</sup>.

Al igual que la temperatura, la humedad reinante en el secadero es de vital importancia para evitar grietas que pudieran producirse por un secado excesivamente rápido de las zonas externas, no permitiendo salir a la humedad interior<sup>484</sup>. Esto sucede cuando reina una atmósfera muy seca. Para evitar esa sequedad se utiliza el vapor, de esta manera se controla en todo momento la humedad.

La eficacia del secado depende de que la humedad vaya moviéndose desde el interior de la madera hasta su superficie — por consiguiente, de que circule, por capilaridad o difusión, con la mayor intensidad posible e ininterrumpidamente — y que desde ésta pase rápidamente al aire.<sup>485</sup>

Realmente se pueden resumir en tres las condiciones adecuadas para un secado correcto, o también podemos hablar de los tres factores que controlan el movimiento de agua en la madera:

- Temperatura adecuada (en algunas maderas blandas puede llegarse a 100° C).
- Estado higrométrico controlado.

---

<sup>482</sup> Información más extensa y precisa en Fritz Spannagel, pág. 65-68.

<sup>483</sup> Poza Lleida, op. cit, pág. 84.

<sup>484</sup> Finlandia es uno de los países que más invierte en investigación relacionada con la tecnología de la madera. Técnicos de AITIM hicieron una visita a este país en 1994 con objeto de estudiar sus industrias, tecnología, materiales. Muchos proyectos de investigación tenían en esos momentos las industrias finlandesas, y uno de ellos “El sistema en continuo para el secado de componentes húmedos”, desarrollaba la idea de aumentar el flujo de humedad desde el interior hacia el exterior variando la temperatura, método que funciona.

Para información más extensa vid. “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 160-161.

<sup>485</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 532.



- Ventilación idónea para extraer la humedad sobrante y permitir la entrada de aire nuevo. «El aire seco, en general, tiene como misión llevar el calor a la madera y recoger la humedad desprendida de ella».<sup>486</sup> Hay que buscar la velocidad del aire adecuada. A veces suele llegarse a los 3 m/seg.

La temperatura adecuada se consigue por medio de un sistema de calefacción que adopta la temperatura del secadero a la humedad media de las piezas.

Controlar el estado higrométrico se efectúa por medio de un sistema de humectación del aire que hace que el calor entre en la madera, que la humedad externa no evapore tan deprisa y que la interna salga al exterior.

La ventilación adecuada hace que el aire circule y se renueve ya que se enfría y se llena de la humedad desalojada por la madera.

Realmente lo que se hace en un secadero artificial es un intercambio de humedad hasta que se establece el equilibrio higroscópico<sup>487</sup>.

#### *Ventajas del secado artificial:*

- Reducir considerablemente los tiempos de secado.
- Funcionamiento independiente del clima exterior: trae consigo producción continuada y los beneficios que conlleva.
- Control de los parámetros humedad y temperatura: resultado seguro y uniforme.
- Se evitan infecciones, insectos etc.
- Almacenamiento corto, permite distribución rápida.
- Ahorro en transporte por menor peso.
- La madera obtenida “trabaja menos” y es de mejor calidad.

---

<sup>486</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 532.

<sup>487</sup> Vid. La exposición que hace Poza en la que explica porqué se seca la madera en un secadero artificial (Poza y Lleida, op cit, págs. 88-89).

- Económicamente: poco gasto energético.



Almacenamiento.  
Cortesía Maderas Medina, S.A.

#### *Desventajas:*

- Instalaciones caras.
- La madera es más cara que la secada al aire.

Las empresas líder en el mercado de secaderos son: Nardi y Brunner.<sup>488</sup>

#### Secado por vacío:

Se utiliza un autoclave. Se trata de lograr la evaporación del agua por medio del vacío. No es sencillo hacerlo de una vez, por eso lo hacen por ciclos de vacío-restablecimiento de la presión atmosférica, para hacer salir la humedad interna.

Procedimiento caro por el tipo de instrumental requerido, que implica la utilización de calor, suponiendo un gasto excesivo.

Dejaron de usarse hace más de 40 años, aunque en la Feria Xylexpo 2000 pudo verse un secadero High-VAC S4 de Brunner Trockentechnik.<sup>489</sup>

<sup>488</sup> Los últimos sistemas, más avanzados, en secado artificial de la madera lo presentaron estas empresas en la Feria Ligna 2001, en Alemania. Dichos sistemas controlados completamente por ordenador que controla la humedad y temperatura en el interior de las piezas y las tensiones de secado que se forman a lo largo del mismo. Para una información más completa ver: Carlos Baso López, "Ligna 2001. Control más completo del secado", *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, 2001, págs. 80-81.

<sup>489</sup> "Secadero de vacío", *Aitim*, nº 205, mayo-junio, Madrid, Aitim, 2000, pág. 58.

Secado de la madera en las especies utilizadas históricamente como soporte pictórico <sup>490</sup>					
			Secado de la madera al aire libre	Secado artificial de la madera	
Especie	Grosor de la pieza (mm)	Contenido de humedad final (%)	Tiempo (meses)	Tiempo (días)	
(Pinus silvestris L.) Pino silvestre	27	12	3 a 5	6	Bastante fácil. Tendencia a fendas media.
	50	12	6 a 10	10 a 12	
(Abies Alba Mill.) Abeto	27	12	3 a 4	Secado fácil. 180° C. Tendencia a fendas media.	
	50	12	5 a 9		
(Larix decidua Miller) Alerce	Velocidad más lenta que en el abeto, la picea o el pino. Secado fácil. Tendencia a fendas media a fuerte.				
(Picea abies L.) Picea	27	13-17	2 a 4	Secado fácil. 160-180° C. Tendencia a fendas fuerte.	
	50	13-17	4 a 9		
(Fraxinus excelsior L.) Fresno	Velocidad de secado relativamente rápida.				
(Ulmus carpinifolia Gled.) Olmo europeo	Seca fácil y rápidamente.				
(Fagus sylvatica L.) Haya europea.	27	12	4 a 6	11 a 25	Secado delicado. Tendencia a fendas media.
	50	12	10 a 12	25 a 30	
(Populus alba L.) Chopo europeo	Facilidad de secado media. Tendencia a fendas baja.				
(Tilia cordata Mill.) Tilo europeo	Secado rápido.				
(Prunus sp.) Cerezo	Velocidad de secado rápida.				
(Acer pseudoplatanus L.) Arce	Seca bien.				
(Juglans regia L.) Nogal europeo	Velocidad de secado lenta.				
(Alnus glutinosa L. Gaertn) Aliso	Velocidad de secado rápida.				
(Quercus robur L.) Roble europeo	25 a 30		5 a 6		
(Castanea sativa Mill.) Castaño	25 a 30		4 a 5		

<sup>490</sup> Según Antonio Guindeo Casasús, et. al., *Especies de maderas para carpintería, construcción y mobiliario*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1997 y, Luis García Esteban; et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, págs. 75-78.

Secado de la madera en las especies utilizadas históricamente como soporte pictórico <sup>490</sup>				
			Secado de la madera al aire libre	Secado artificial de la madera
Especie	Grosor de la pieza (mm)	Contenido de humedad final (%)	Tiempo (meses)	Tiempo (días)
( <i>Swietenia sp.</i> ) <b>Caoba americana.</b> <b>Caoba de Cuba</b>	Velocidad de secado rápida.			

### Otras posibilidades:

- Una de ellas es el secado con infrarrojos:

(...) Es un sistema artificial propugnado por Guidi (G. Guidi: *Tecnología del legno*, Firenze, 1951) capaz de lograr una excelente desecación con este tipo de radiaciones, aplicable solo a material de pequeño espesor, a razón de una hora de exposición por cada 2 cm de grueso.<sup>491</sup>

Es un sistema muy caro y se limita al secado de contrachapados y piezas de poco grosor.

Las radiaciones penetran en el interior y así se efectúa un secado uniforme<sup>492</sup>.

El calor lo producen lámparas de filamento de tungsteno.

Se trata de secaderos no complicados que constan de un recinto cerrado en el que existen paneles colocados en paralelo y entre los que se colocan las lámparas.

El procedimiento no es aplicable a todas las maderas puesto que no se comportan de igual manera:

Existe una clase de maderas muy permeables a estas radiaciones, entre las que se encuentran el haya, el abeto, el pino de Siberia, los chopos y el pinabete; medianamente permeables son el eucalipto jarrah de Australia, la teca, caoba de Honduras y el roble de Tasmania; son casi opacas el nogal

<sup>491</sup> Camuñas, op. cit, pág. 325.

<sup>492</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 948.

y algunos robles, y completamente opacas el ébano y el iroko de África.<sup>493</sup>

- Secado por alta frecuencia o por corriente de alta frecuencia:

Secado de gran corte económico es utilizado para secado de piezas de escaso grosor y tableros contrachapados.

Se basa en lo poco conductora de la electricidad que es la madera y el calentamiento que se produce al hacer pasar a través de ella una corriente alterna de alta frecuencia:

(...) Se calienta debido a los frecuentes cambios de orientación de las moléculas producidos por los constantes cambios de dirección del flujo de corriente. El calor así generado es el autor del secado.

Este sistema tiene la gran ventaja de que, desde el momento que comienza, todas las moléculas de la pieza de madera se encuentran sometidas al campo de alta frecuencia y, así, el calor es producido lo mismo en las capas externas que en el interior. Como consecuencia de este secado uniforme se suprimen las tensiones internas y, por tanto, las posibles roturas.<sup>494</sup>

Comenzó su experimentación años antes del comienzo de la IIª Guerra Mundial en Alemania, con éxito parcial. Tomó el relevo Inglaterra, durante la misma guerra, y lo desarrolló en secaderos de madera destinada ala aviación.

No se usó demasiado por los malos resultados con piezas de mayor anchura y por lo costoso del procedimiento.

- Secado centrífugo: Limitado a casos concretos. Poco uso.

- Secado químico: la aplicación externa de ciertos compuestos (soluciones de caña de azúcar<sup>495</sup>, bicarbonato sódico, bórax, fosfato amónico, sulfato

---

<sup>493</sup> Fernando Nájera y Angulo, "El problema de la desecación de la madera. Estudio de los sistemas y procedimientos actualmente empleados, *Montes*, año III, nº 13, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Enero-Febrero, 1947.pág. 42.

<sup>494</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 948.

<sup>495</sup> "Se ha descubierto, además, que una impregnación fuerte con caña de azúcar reduce el encogimiento de la madera en un 50%". ("Para la madera se experimentan nuevos campos de aplicación en EE.UU.", en *Montes*, año IV, nº 23, Sept-Oct., 1948, Montes, Madrid, págs. 458-459). Esta experiencia también fue llevada a cabo en los laboratorios Madison.

de zinc<sup>496</sup>, cloruro sódico, urea, etc.) en disolución hace que la humedad interna migre hacia el exterior evitando secados superficiales prematuros que implican la aparición de fendas.

Es en realidad un tratamiento que se aplica a la madera antes de su secado artificial.<sup>497</sup>

- Secado solar: Hacia 1988, se construyó un horno para secado de madera que aprovecha la energía solar para caldear el interior. Se construyó en Gran Bretaña con el nombre de “Horno Solar Nomad.”

Es un sistema económico y además portátil.

- Secado por bomba de calor: Ya se usó en los años 70 y consiste en reutilizar el calor producido en la vaporización para secar la madera. Así se ahorra energía.<sup>498</sup>

Equipo necesario: Tipos de secadores. Descripción y funcionamiento.

Con el transcurrir del tiempo se han utilizado varios tipos de secadores de características diferentes que se han ido mejorando por medio del control de la humedad y temperatura, velocidad del aire, etc.

Hay varios tipos<sup>499</sup>: (Las capacidades oscilan entre 5 y 150 m<sup>3</sup>).

- Secadores de cámara: consta de entradas de aire nuevo, de vapor y de salidas del aire húmedo.

- Secadores de túnel: Existen secciones distintas de la instalación con temperatura y humedades diferentes. Consiste en un túnel con vagonetas

---

<sup>496</sup> Fernando Nájera y Angulo, “El problema de la desecación de la madera. Estudio de los sistemas y procedimientos actualmente empleados, *Montes*, año III, n° 13, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Enero-Febrero, 1947.pág. 43.

<sup>497</sup> Después de tres años de investigaciones, los técnicos de los laboratorios Madison consiguieron este método de secado de adentro hacia fuera.

<sup>498</sup> Juan Ignacio Fdez.-Golfín Seco, José Javier Fdez.-Golfín Seco y Jaime López Gimeno, “La bomba de calor en el secado de la madera aserrada”, *Aitim*, n° 212, julio-agosto, Aitim, Madrid, págs. 69-75.

<sup>499</sup> Todos estos sistemas quedan perfectamente explicados con sus respectivos gráficos en F. Kollman, “Trabajo de la madera. Desecación de la madera” en *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, págs. 449-454. Si interesa conocer las partes fundamentales de un secadero artificial puede consultarse a Poza Lleida, op. cit, pag. 97 y Arredondo, op. cit., Tomo II, pag. 947.

cargadas con las piezas que van en una dirección y el aire va en dirección contraria.

Su longitud oscila de 15 a 50 m.

- Secadores de chapas: Cámaras o túneles como las de la madera de sierra. Se colocan las chapas en cintas transportadoras para chapas desde 1 mm.

Hay otros sistemas para secar chapas:

- Secadores de cilindros.
- Secadores de placas.

- Secadores automáticos: Una balanza controla la pérdida de humedad y regula el rastro del proceso automáticamente.

- Secadores de vacío: Buenos resultados con las tensiones interiores de la madera desecada en corto tiempo.

- Secadores de alta frecuencia: Evaporar el agua generando calor en el interior de las piezas. El calor se distribuye por igual, sin importar el espesor, así todo el volumen de madera recibe la misma cantidad de calor que las zonas más exteriores.

Pero, resumiendo, los tipos de secaderos más habituales son los siguientes:<sup>500</sup>

- a) Secaderos continuos o túneles: El proceso es continuo. El aire avanza en sentido contrario a la madera. Se usa para escuadrías de 16 a 50 mm. Humedad final: 18%.
- b) Secaderos OTC (Optimized Two-stage Continuous, es decir, Optimizado, dos etapas, continuo). Tiene las características de los otros dos sistemas: gran capacidad y calidad de secado. Humedad final 12-18 %. De 16 a 75 mm.

---

<sup>500</sup> Hemos optado por incluir los tres tipos de secadores más importantes utilizados por Valmet por ser una de las empresas del sector más importantes del mundo. Para más información Vid. "Finlandia", Aitim. *Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994, págs. 122-126.

- c) Cámaras de secado: Excelente calidad de secado. Secado final y calidad que queramos. Alta calidad en cualquier espesor.

#### 3.2.4.2.1 Defectos de secado.

Pueden deberse a multitud de circunstancias:

Los defectos que suelen presentarse por el secado pueden evitarse con instalaciones perfectas y servicio correcto. La madera rica en tanino (por ejemplo roble, caoba, aliso) se ennegrece por el agua que gotea de los herrajes. Las maderas de abedul y de arce se tiñen con elevada humedad del aire. Las grietas de testa se producen generalmente por un secado excesivo; pueden reducirse con pinturas protectoras o capas de papel encolado. Las grietas internas son consecuencia de las deformaciones de la madera; se producen por temperatura excesiva y baja humedad relativa del aire. La más propensa al agrietamiento es la madera húmeda, gruesa y densa. La deformación o alabeo de la madera se debe al secado excesivo de las capas superficiales, que se contraen, mientras que el núcleo, todavía húmedo, no puede contraerse en igual medida o nada en absoluto. Las capas externas quedan afectadas por esfuerzos de tracción.

La verificación se efectúa con muestras horquilladas o determinando la humedad en discos de muestra hendido. La torsión de las tablas artificialmente desecadas es debida, por lo general, al crecimiento en espiral del árbol (madera revirada). La madera deformada tiene “tiro” después de aserrarla, consecuencia de un secado desigual.<sup>501</sup>



Almacenaje de productos acabados.  
Cortesía Maderas Medina, S.A.

---

<sup>501</sup> “Trabajo de la madera. Desecación de la madera” en *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, pág. 453)



### **3.2.4.3 Sistemas de desecación para la madera en chapa.**

Los sistemas de secado más parecidos a los de la madera maciza ya no se usan: el secado al aire libre y los secaderos convencionales de chapas apiladas, ya que no son rentables.

Actualmente, los sistemas más usados son tres.<sup>502</sup>

- Secador de rodillos. Para chapas gruesas, especialmente.
- Secador de banda metálica. Para chapas inferiores a 4 mm y maderas sensibles al secado.
- Secador de toberas. Proporciona un secado uniforme en cada centímetro cuadrado de chapa.

### **3.2.5 Envejecimiento artificial de la madera.**

Se produce una vez secada la madera hasta el estado higrométrico deseado, según el ambiente. Según Nájera<sup>503</sup> una vez seca la madera se produce un proceso lento de oxidación, descomposición y eliminación de materias solubles, albuminoideas, etc. que hacen que la albura se vaya pareciendo en aspecto y propiedades al duramen, es decir, que ha envejecido la albura, aproximándose al duramen.

Varios procedimientos se han empleado para acelerar este proceso: flotación o inmersión en agua (eliminación de sustancias solubles: desaviado natural), desaviado por vapor de agua, por formol, ozonización, electrólisis, etc.

---

<sup>502</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 107-110.

<sup>503</sup> Nájera y Angulo, "El problema de la desecación de la madera. Estudio de los sistemas y procedimientos actualmente empleados, *Montes*, año III, nº 13, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Enero-Febrero, 1947.pág. 44.

### 3.3 MADERA EN CHAPA.

El término inglés es **Ply**.

Puede consultarse:

- UNE 56701-1: 1969. *Chapas de madera. Definiciones y clasificación.*
- UNE 56701-2: 1969. Chapas compuestas de madera.
- UNE-EN 313-2: 2000. Tableros contrachapados. Clasificación y terminología. Parte 2: Terminología.

#### 3.3.1 Definición.

Las chapas<sup>504</sup> son láminas u *hojas* muy delgadas de madera (de espesor inferior a 5 mm) que se obtienen merced a diferentes procedimientos y se utilizan, ya sea con fines técnicos (estructurales) o decorativos (revestimiento de tableros u otros objetos de madera.)

El objetivo a conseguir a la hora de realizar el despiezo es la obtención de piezas en las que predomine una gran superficie sobre un reducido espesor.

Pueden obtenerse por desenrollo, por aserrado a mano<sup>505</sup> o con sierras circulares<sup>506</sup>, por cepillado, radialmente, etc. Realmente puede aprovecharse casi todo el árbol, desde el tocón a la horquilla<sup>507</sup>. Y lógicamente, dependiendo de donde se obtenga dicha chapa, sus características serán diferentes, así como la utilización que se haga de ella.

Son elementos fundamentales en la construcción y rechapado de muchos tipos de tableros, vigas y otros elementos constructivos.

#### 3.3.2 Breve historia.

Ha evolucionado mucho el modo de obtener chapas:

Hasta mediados del XIX los ebanistas preparaban ellos mismos los revestimientos, sacando con la sierra de mano las chapas necesarias de los troncos o tablones. Las chapas obtenidas de

---

<sup>504</sup> Wood veneer (inglés).

<sup>505</sup> Práctica ya desaparecida, casi por completo, por el esfuerzo físico requerido y la pérdida de tiempo y material.

<sup>506</sup> Igualmente desaparecida, casi por completo, por la pérdida de tiempo y material.

<sup>507</sup> También denominada horcadura (parte del tronco de los árboles donde se divide en ramas o ángulo que forman dos ramas que salen del mismo punto). A veces también denominada horcajo.

esta manera representan una pérdida considerable por aserrín y virutas, que puede llegar hasta los 2/3 del tronco primitivo. Pasado el tiempo, se llegó a la construcción de hojas de sierra más delgadas atirantadas en un bastidor, con lo que se sacaban revestimientos más finos y con menor pérdida por el aserrín. De esta forma se trabajó durante todo el siglo pasado en muchos talleres, revistiendo los muebles con chapeados aserrados a mano. El proceso técnico permitió en aquella época la fabricación mecánica de los chapeados de sierra. En 1843 se montó en Friburgo la primera fábrica alemana de chapa de madera para revestimientos. En el último tercio del siglo aparecieron las máquinas de cortar chapa por cepillado, que se perfeccionaron rápidamente. A la máquina de cortar siguió la de desenrollar. Ambas máquinas han hecho desaparecer casi por completo la sierra de chapas<sup>508</sup>.

Todo esto parece lógico si pensamos en la revolución tecnológica sufrida a lo largo del siglo XIX y sobre todo en el XX. Las necesidades de madera, en todos los campos, han hecho imprescindible una automatización cada vez mayor de los procesos de obtención de la misma para poder satisfacer las continuas demandas. Asimismo los estudios realizados con el fin de optimizar los materiales, hicieron posible el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de trabajo, aplicados en el aprovechamiento de los residuos que se producían, o evitando o disminuyendo los mismos.

### **3.3.3 Clasificación.**

#### **3.3.3.1 Atendiendo al procedimiento de obtención.**

Básicamente son tres los sistemas que se siguen para la obtención o despiece de chapas. Hablaremos también de un cuarto, aunque no sea excesivamente importante su utilización, ya que se utiliza puntualmente en aspectos puramente decorativos: la chapa radial.

- + Desenrolle (Chapas desenrolladas).
- + Aserrado (Chapas de sierra).
- + Cepillado (Chapas de cuchilla).
- + Chapa radial.

El tronco, no obstante, se suele preparar de una manera concreta dependiendo del proceso de fabricación y el tipo de chapa que queramos obtener. Se le suelen hacer cortes paralelos, a cuartos, semicirculares,

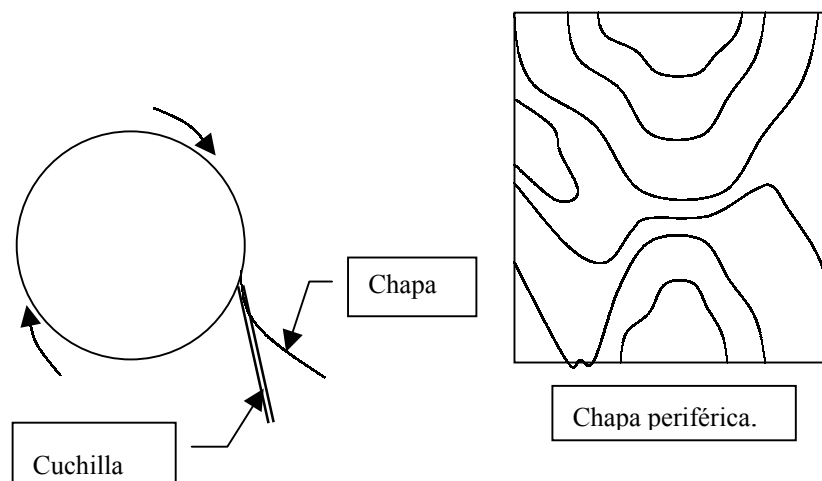
---

<sup>508</sup> Fritz Spanngel, op.cit., Pág. 59.

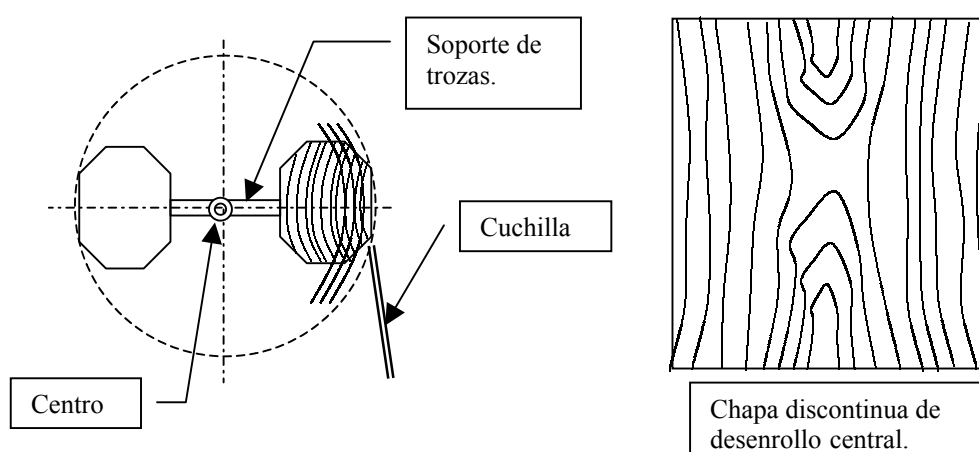
rotatorios continuos o excéntricos, etc., obteniéndose actualmente chapas más delgadas y regulares que las primitivas.

Las normas UNE establecen la siguiente clasificación, atendiendo al método de producción:<sup>509</sup>

1. Chapa periférica: Es la obtenida por desenrollo tangencial desde la periferia hacia el centro de la troza.

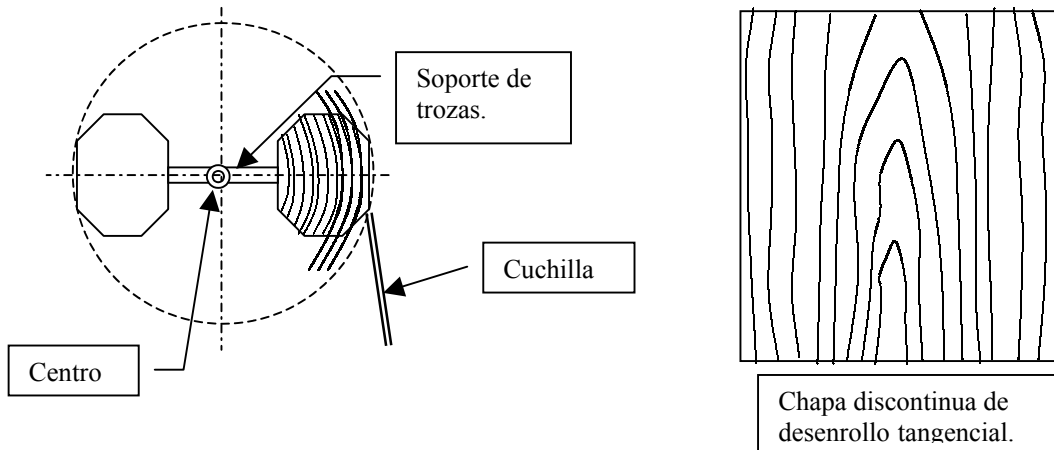


2. Chapa discontinua de desenrollo central: Es la obtenida a partir de un sector de una troza, partiendo esta en mitades o cuartones, que se montan sobre brazos acoplados al eje de la desenrolladora. El desenrollo se hace desde el centro hacia la periferia.

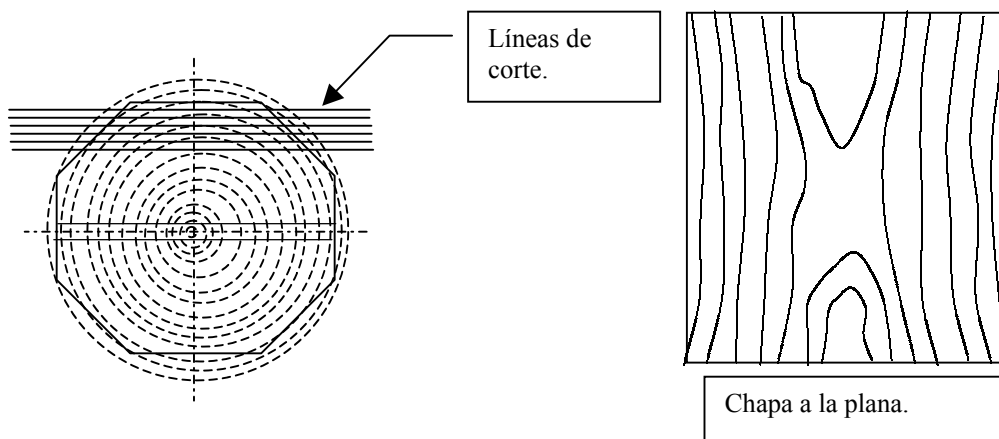


<sup>509</sup> UNE 56701: 1969: *Chapas de madera. Definiciones y clasificación.*

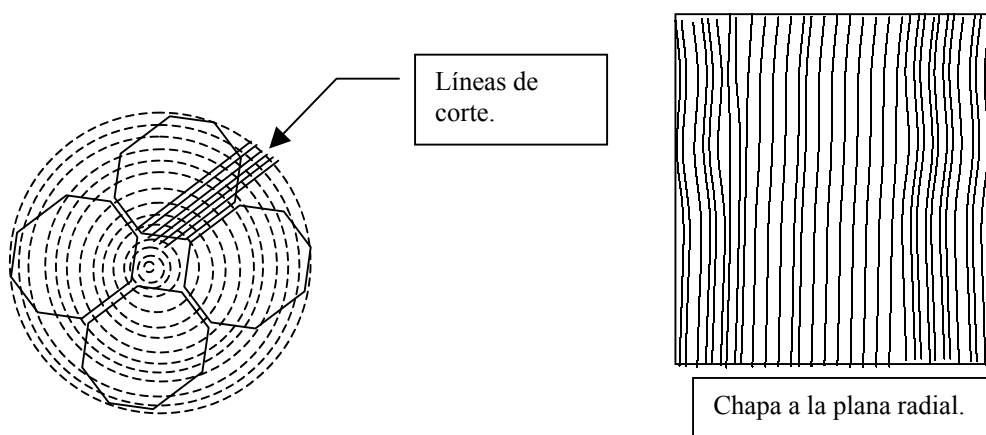
3. Chapa discontinua de desenrollo tangencial: Es la obtenida a partir de un sector de una troza, como en el caso anterior, pero realizando el desenrollo desde la periferia hacia el centro.



4. Chapa a la plana: Es la obtenida de una semitroza mediante cortes sucesivos, paralelos a su cara plana.



5. Chapa radial a la plana: Es la obtenida a partir de cuarterones de trozas, mediante cortes planos y sucesivos, dados en dirección radial.



- **Chapa de madera desenrollada.**

Se le denomina también: **Chapa desenrollada. Desenrolle. Chapas desarrolladas. Desenrolle giratorio. Chapa cortada en rotación. Chapa periférica. Chapa de desenrollo (rotary cut veneer.)**

Resulta el método más económico de producir chapa.

Para obtener dichas chapas es necesario montar (fijar) el tronco,<sup>510</sup> después de descortezarlo, por su centro, entre dos cabezales motores, y que dicho tronco permanezca tangente a la cuchilla (que permanecerá fija) o cepillo que vaya a efectuar el corte y hacerlo girar por su eje.<sup>511</sup>

Cualidades que condicionan la aptitud de una especie para el desenrolle:

- Madera homogénea. (Chopo y haya, por ejemplo)
- Anillos concéntricos.
- Fibra recta.
- Médula centrada y sana.
- Aunque una condición fundamental es la siguiente:

(...) La condición fundamental de la obtención de chapa de desenrollo de calidad, es el proceso continuo y con grueso uniforme. De acuerdo con Leney, se define como chapa continua la hoja de madera sin roturas, en la que la estructura original de la madera se conserva idéntica después del proceso de corte.<sup>512</sup>

---

<sup>510</sup> Se suele someter al rollizo a un proceso de ablandamiento por medio de inmersión en agua caliente o por vaporizado para así facilitar la operación, pero hay especies en las que no se puede hacer esto ya que se modifica su color. Esto ocurre con el arce. El ablandamiento se puede realizar sobre todo el rollizo o sobre la pieza aserrada por cuartos, y dura de días a semanas según las especies. Un vaporizado moderado (80 C) es el utilizado con el pino silvestre para facilitar su desenrollo. Otros vaporizados a temperaturas más bajas (65-70° C) se realizan, por ejemplo, con la Picea o Falso abeto (*Picea abies* L.). En especies como el haya europea (*Fagus sylvatica* L.) La temperatura es superior: 90-100° C durante 1 o 2 días. En esta especie, este tratamiento hace que en el secado posterior se liberen parte de las tensiones internas que posee esta especie.

<sup>511</sup> Para más información sobre los tornos y todas sus piezas véase Antonio Camacho Altaya, op. cit., págs. 73-75.

<sup>512</sup> Luis García Esteban, et. al., en *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 88.

Si además de esto tiene baja o media densidad y su humedad es más bien alta (la madera se debilita con el aumento de humedad, hasta el p.s.f.<sup>513</sup>), entonces su aptitud mejora notablemente, produciéndose un ahorro de la potencia necesaria.<sup>514</sup>

Antes de realizar el corte las maderas en rollo han sido previamente almacenadas regándolas con agua. Posteriormente son mantenidas en una serie de depósitos de cocido durante 36-40 horas a una temperatura de 45°-65° C.<sup>515</sup> Este proceso de “estufado” es ideal, sobre todo para especies heterogéneas como los pinos.

Pero ocurre que otras especies como «el tilo americano, el álamo amarillo, el abeto rojo, (...) producen mejores chapas si se cortan en frío, pues en caliente dan superficies vellosas y fibrosas».<sup>516</sup>

#### - **Chapa de desenrollado central o Corte rotatorio.**

Consiste en realizar un corte rotatorio continuo de todo el tronco o de trozas. Este sistema nos determinará desde el principio el ancho de la chapa (se trata de un ancho excepcional) con lo que se obtiene un rollo de chapa, a su vez continua, prácticamente ilimitada en longitud y de unos grosores similares a los de las de cuchilla, oscilando entre 0,1 y 10 mm (en los años 50, por ejemplo, el grosor variaba considerablemente respecto a la actualidad: oscila de 1/64” (0,4 mm) a 1/4” (6,35 mm.) Desenrolladoras de última generación<sup>517</sup>, como la desenrolladora de la firma Raute, en Pello (Finlandia), puede desenrollar 380 metros de chapa por minuto, lo que equivale a desenrollar «una troza cada 8 segundos y como promedio transforma 7 trozas en chapa desenrollada cada minuto».<sup>518</sup>

El corte sigue el contorno de los anillos de crecimiento.

---

<sup>513</sup> p.s.f. es el “punto de saturación de las fibras”.

<sup>514</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., págs. 79.

<sup>515</sup> *Aitim*, Enero-Febrero, n° 179, 1996, Aitim, Madrid, pág. 11

<sup>516</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959., pág. 158.

<sup>517</sup> Del año 1996.

<sup>518</sup> *Aitim*, Enero-Febrero, n° 179, 1996, Aitim, Madrid, pág. 11.

Hace más de veinte años las trozas solían ser de diámetros mayores (1,5 m) y también eran de mayor diámetro los cilindros finales (curros o bolos)<sup>519</sup> que quedaban después en la desenrolladora. En la actualidad las trozas son de diámetros menores por la explotación sufrida en los bosques, pero también ha mejorado la maquinaria y permite diámetros de 20 a 80 cm. Se pueden desenrollar troncos de 5,20 m de longitud con las máquinas actuales.<sup>520</sup>

Las trozas son centradas en el torno con un “Dispositivo de centrado-xy”, para asegurar el mejor rendimiento posible.

La pieza a desenrollar se hace girar contra un pisón o barra de presión y una cuchilla situada debajo del éste, siendo la separación de ambos el grosor de la chapa. Ambos discurren a lo largo de la máquina y son mayores que la pieza en cuestión.

La colocación de la barra y de la cuchilla en relación con el rollizo es de extrema importancia para evitar que se pierda el contacto entre ambas. Por cada giro del rollizo la cuchilla avanza de manera automática el grosor de la chapa.<sup>521</sup>

Lo mismo que para la chapa cortada, se necesita un listón de presión que comprima la madera delante del filo, con objeto de obtener chapa lisa y evitar el astillado o desgarramiento prematuro.

La calidad del corte depende mucho de la velocidad de corte. Para que esta sea constante, el número de revoluciones de la pieza (tronco) tiene que aumentar automáticamente con el avance radial del portacuchilla (disminución del diámetro del tronco). Para que el corte se efectúe sin vibraciones, debe ser constante la superficie de apoyo de la cuchilla en la madera, independientemente de la variación durante el corte del diámetro del tronco. En el “desarrollado” de troncos con gran diferencia entre los diámetros inicial y final, es precisa, por lo tanto, además de la variación del número de revoluciones, la del ángulo libre  $\alpha$ , que debe disminuir al decrecer el diámetro. Como el ángulo del filo  $\beta$  es invariable después del afilado de la cuchilla, al variar  $\alpha$  también variará el ángulo de salida  $\gamma$  que aumentará al reducirse  $\alpha$ , favoreciendo la salida tangencial de la chapa. Ángulo libre mínimo  $\alpha = 1^\circ$  a  $2^\circ$ .

---

<sup>519</sup> Se trata de los cilindros de madera que quedan después del desenrollo.

<sup>520</sup> La especie que permite curros de hasta 7 – 8 cm de  $\varnothing$  es el chopo. Ni siquiera el ocumé se consiguen diámetros tan pequeños.

<sup>521</sup> Albert Jackson et al., *Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería*, Madrid, Ediciones del Prado, 1993, pág. 30.



Valores prácticos: Velocidad de corte  $v = 0,6$  a  $2$  m/seg.  
Gruesos de chapa =  $0,05$  a  $10$  mm. Anchura de corte (largo del tronco)  $b = 400$  a  $4500$  mm. Diámetro del tronco  $D = 500$  a  $2000$  mm<sup>522</sup>.

Normalmente se desenrollan maderas blandas pero a veces se hace también con algunas duras.

El resultado final podría compararse con un rollo de papel continuo.

Este tipo de chapa es utilizado generalmente para la fabricación de madera terciada (como chapa soporte de los contrachapados, pudiéndose cortar con cualquier anchura), para rechapar aglomerados y alistados. No es muy apropiada para rechapar otras maderas con fines decorativos (salvo las chapas obtenidas de raíces y excrecencias como las de ojo de perdiz) ya que carece de un aspecto natural (con un veteado extraño, ondulado más o menos concéntrico y apretado, formando aguas, bastante diferente al que se hubiera obtenido de un corte que mostrará el desarrollo habitual del árbol)<sup>523</sup>. Este tipo de corte es tangencial a los anillos de crecimiento. En los cortes de sierra o de cuchilla se producen cortes tangenciales en las zonas de costeros y radiales en los cortes de chapas más centrales.

Este sistema tiene unas ventajas importantes a niveles económicos y es que podemos obtener más metros cuadrados (del orden de cinco veces más) y más baratos que con los otros tipos de despiezo: Para obtener  $1 \text{ m}^3$  de tablero contrachapado, hacen falta del orden de  $3 \text{ m}^3$  de trozas.

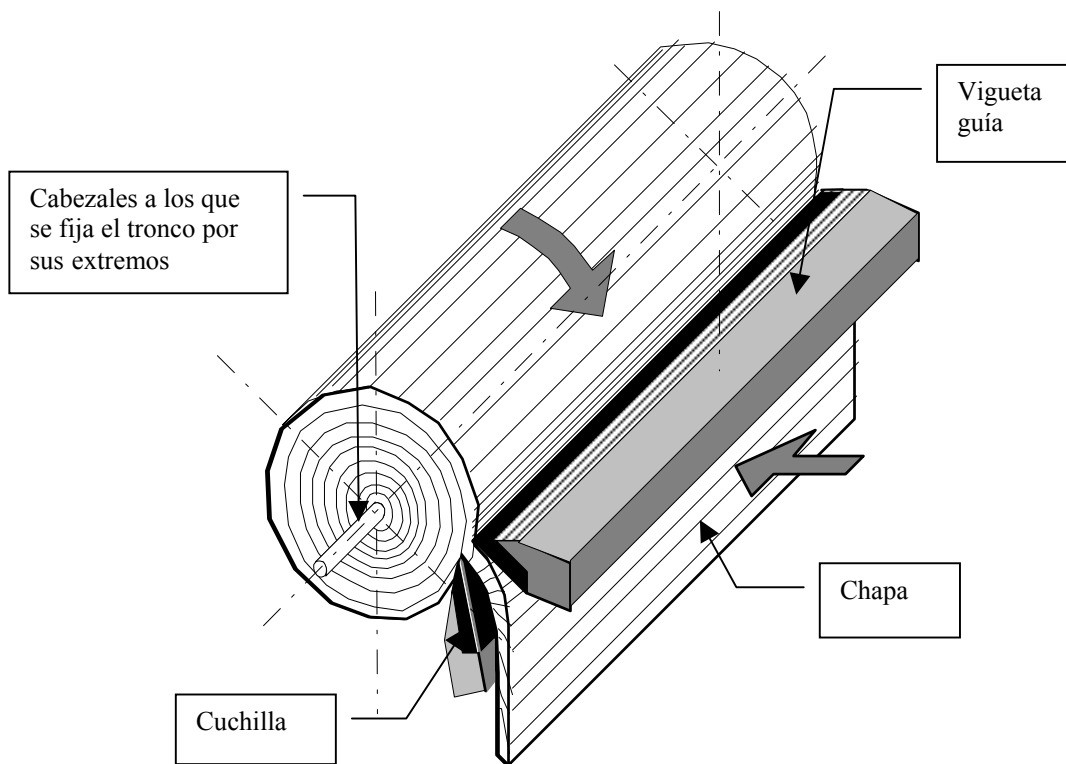
El siguiente dibujo, de Spannagel, ilustra este sistema de desenrollo.<sup>524</sup>

---

<sup>522</sup> *Manual del Ingeniero de taller*, Tomo I, Barcelona, Ed. Gustavo Gili, S.A., 1978, pág. 481.

<sup>523</sup> Si la obtención de chapas de cuchilla se parece a un cepillado, la de chapas desenrolladas se parece a un torneado. Fritz Spannagel, op. cit., pág. 60.

<sup>524</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 60.



Según este autor, aún siendo muchas las ventajas de la chapa de sierra con respecto a los otros sistemas de obtención, continúa siendo inferior a ellos por causas de una serie de cuestiones principalmente de orden técnico:

“Desde el punto de vista técnico, la chapa desenrollada tiene tendencia natural a volver a recuperar su forma primitiva, es decir, a arrollarse sobre su cara interna y es preciso que actúe sobre ella una fuerte presión para que se mantenga plana. (...)

La tendencia al arrollamiento obra desfavorablemente en la elaboración de tableros contraplacados.

Las chapas desenrolladas presentan diferencias de tensiones internas que naturalmente se traducen en los tableros contraplacados, sobre todo en los de escaso espesor, muchos de los cuales acaban alabeando.

La segunda desventaja técnica consiste en que la cara interna de la chapa es de menos superficie que la externa y se agrieta al chapearla. Esta cara interna es la que se conoce por “cara abierta”. Cuando esta chapa se emplea para aplacar, este defecto se convierte en una ventaja, pues al encolar esta cara con la madera del soporte las pequeñas grietas se rellenan con la cola dando como resultado una mejor adhesión.

Para los tableros de ebanista serán preferibles las chapas de cuchilla, ya que éstas no presentan tensiones internas.

Sin embargo, las chapas desenrolladas se han mostrado como excelentes en los tableros alistonados o de tiras como cuerpo intermedio. En este caso el cuerpo intermedio está compuesto

de listones o tiras de madera de anillos anuales normales y además muy agrietados, pues generalmente se trata de una chapa desenrollada de 6 a 8 mm. En este caso es una ventaja la madera tan agrietada, pues trabaja mucho menos que una madera de soporte maciza.”<sup>525</sup>

En el caso de las chapas de cierto grosor 1/8” (3,18 mm) esa tendencia de volver a adquirir su antigua curvatura periférica llevará a someter a esta chapa, cuando se aplane por la presión, a fuerte compresión en la cara superior, mientras que la cara inferior permanecerá con fuerte tensión. Esa es la razón de que se produzcan las grietas de cizallamiento, sobre todo en los bordes de la chapa.<sup>526</sup>

Todo este proceso requiere de trozas completamente limpias de nudo para rentabilizar el corte, ya que se produce una mejor conservación de las cuchillas y el rendimiento y calidad del tablero son máximos.

Como ejemplo tenemos el caso del haya: siendo una madera semidura se puede desenrollar en húmedo, sin secar. Las características de su desenrollo son:<sup>527</sup>

- Sin secar: hasta espesor de 15-20 décimas de milímetro.
- Secado: espesores superiores a las 20 décimas.
- Reglaje de la desenrolladora:
  - Ángulo de corte: 20°
  - Tasa de compresión: 10-12%.
  - Ángulo de despegue de la lámina:
    - 1° 30' (trozas de 60 cm de Ø).
    - 0° 30' (trozas de 20 cm de Ø).
  - Cota vertical:
    - 0,6 mm (para 20 décimas).
    - 0,7 mm (para 30 décimas).

---

<sup>525</sup> Fritz Spanngel, op cit., pág. 61

<sup>526</sup> A. J. panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959., pág. 158.

<sup>527</sup> Enrique Torres Alvarez, “Ficha técnica de maderas nacionales: Haya”, *Acomat*, n° 59, Julio-Agosto, 1989, Acomat, Madrid, pág. 15.

- **Chapa de desenrollado excéntrico.**

También llamado **Corte de tronco fijado**.

Modificación del sistema anterior que hace que las chapas producidas tengan vetas más finas, con más estrías y más paralelas entre si que en el desenrollado central, estando más próximo al veteado de la chapa de cuchilla.

- o **Chapa de desenrollado excéntrico común.**

Otra denominación: **Corte curvo. Corte oblicuo.**

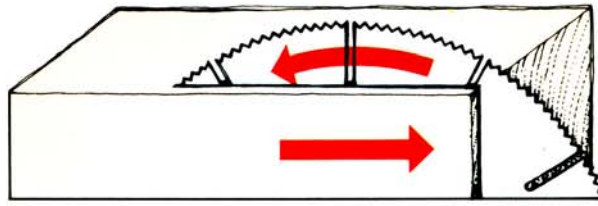
Con este sistema se consiguen chapas decorativas más anchas que las obtenidas con la sierra o con la cuchilla.

Técnicamente son mejores que las de desenrollado central pues la chapa tiene una estructura más próxima a la del sitio que ocupaba en el árbol. En ellas, la albura ocupa las posiciones laterales, quedando, normalmente, el duramen en medio.

Ilustraciones de los distintos cortes según Albert Jackson:<sup>528</sup>

---

<sup>528</sup> Albert Jackson et al., op. cit., pág. 31.



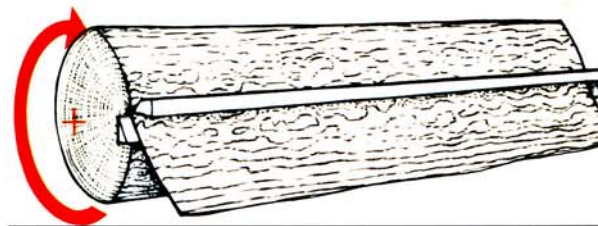
#### Aserrado

No es un sistema muy habitual hoy en día, pero se sigue utilizando para algunas chapas delgadas.



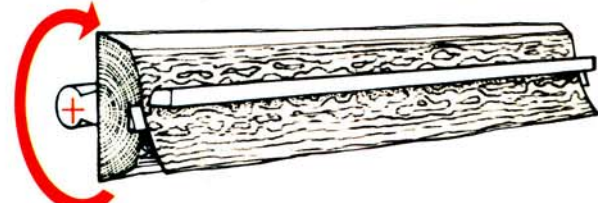
#### Desenrollado

Muy utilizado para chapas estructurales y decorativas como las de ojo de perdiz de arce.



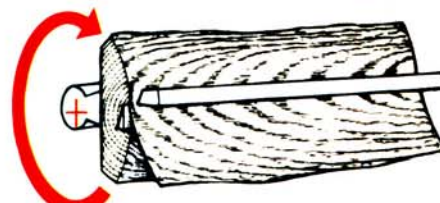
#### Desenrollado excéntrico

Sistema de desenrollado que produce un veteado semejante al de la chapa de cepillo.



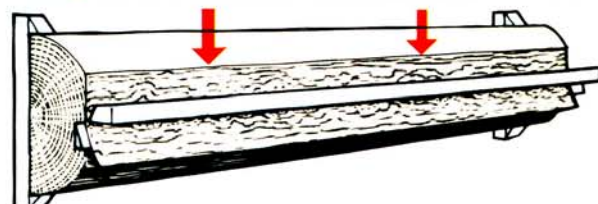
#### Desenrolle semicircular

Semejante al desenrollado excéntrico y que produce también un veteado similar al de la chapa de cepillo.



#### Desenrolle posterior

Sistema de desenrollado que se utiliza para cortar chapas decorativas de raíz y de horquilla. El duramen queda hacia fuera.



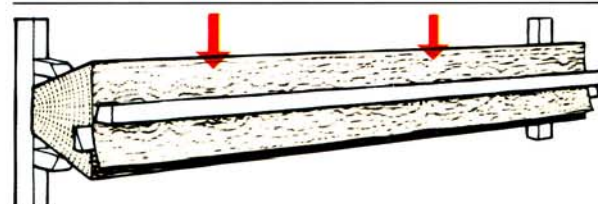
#### Cepillado

Sistema habitual para obtener chapas tradicionales de corte tangencial.



#### Cepillado al cuarto

Se utiliza para fabricar chapas con un veteado de tipo radial.



#### Cepillado tangencial de rollizos radiales

En ocasiones los rollizos de corte radial se cepilan al hilo por el canto para obtener chapas de cepillo.

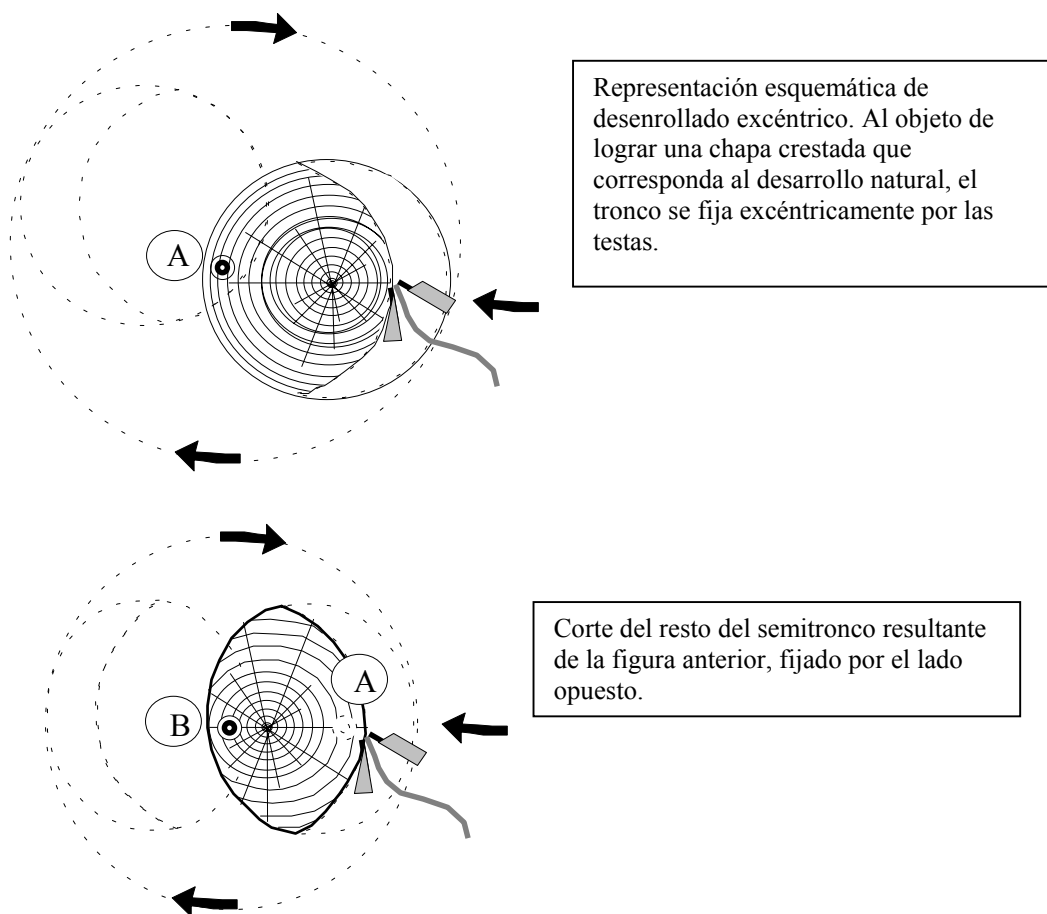
En el desenrollado excéntrico el centro del rollizo, o de las trozas, se encuentra desplazado respecto al de giro, por lo que la cuchilla incide de una manera un poco más secante (ángulo de corte mayor) que en el desenrollado central, en el que permanecía tangente (ángulo menor):

Los troncos delgados o medios troncos se hacen girar descentrados en la máquina con lo cual se logran chapas relativamente anchas de troncos delgados. Estas chapas representan un material intermedio entre las chapas de cepillo y las desenrolladas, pues ofrecen un hermoso veteado que se parece bastante al de las chapas de cuchilla o de sierra.

Este procedimiento se aplica para el desenrollado de maderas nobles, de manera especial para chapas de verruguilla que en este caso pueden emplearse como chapa de revestimiento.

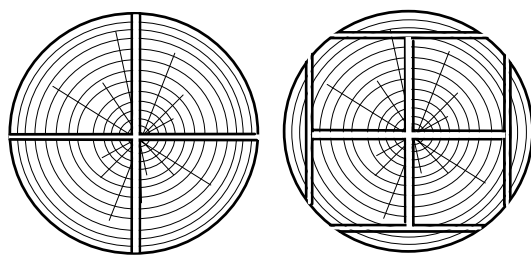
Estas chapas no son tan propensas al agrietamiento debido a las fuertes tensiones internas como las chapas desenrolladas corrientes cuando a medida que se va cortando se reduce el radio del árbol<sup>529</sup>.

Sistemas de corte ilustrados por Fritz Spannagel:<sup>530</sup>

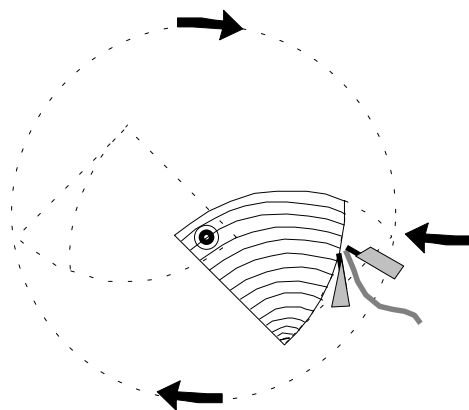


<sup>529</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 60.

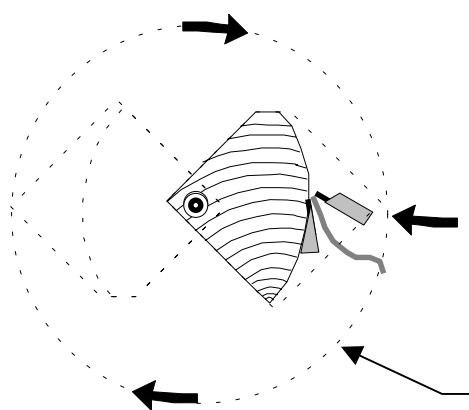
<sup>530</sup> Idem., pág. 60.



Árboles de gran diámetro de los que se quiere obtener chapa excéntrica, que muestran el tronchado previo a dicha operación.



Torneado de un tronco cuarteado para la obtención de chapa delgada



Otro sistema de obtención de chapa delgada.

Corte oblicuo

Este último caso se emplea mucho, por ejemplo, en los EE.UU. con distintas especies de roble para evitar el efecto de malla de los radios leñosos:

Se emplea el corte oblicuo para sacar chapa de las diversas especies de oak [roble]. El oak tiene células de radios medulares que parten del centro del tronco como los rayos curvados de una rueda. El efecto de hilo peinado se obtiene efectuando el corte con un ángulo de alrededor de 15% de la posición del cuartón para evitar la figura de escamas o copos [mallado] de los radios medulares.<sup>531</sup>

<sup>531</sup> "Maderas de frondosas de los EE.UU. Especificaciones", en *Guía de frondosas boreales para el decorador* American Hardwood Export Council (AHEC), London, 1994, pág. 26.

También se utiliza para cortar chapa del denominado “fresno oleáceo” con fines decorativos y el abedul alemán.

- **Chapa de desenrolle excéntrico semicircular.**

También se le llama: **Corte medio redondo. Corte de tronco fijado semicircular. Corte semicircular de chapas. Chapa discontinua de desenrollo tangencial. Corte de medio rollizo.**

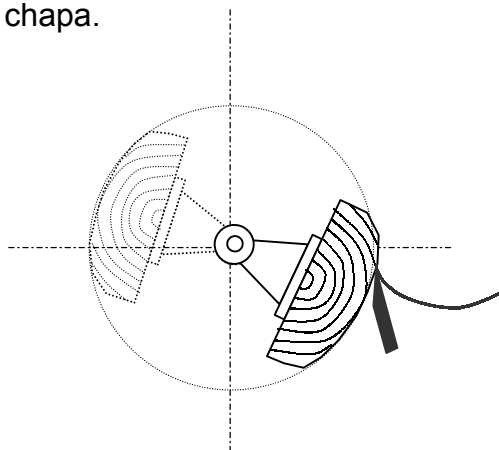
Es una variante del desenrollo central o corte rotatorio.

Aquí, el rollizo o la troza son seccionados longitudinalmente (medios rollos y costeros grandes). Las trozas se montan descentradas en el torno:

(...) Se produce así un corte a través de los anillos de crecimiento y se obtienen aspectos modificados de los de las chapas sacadas por desenrollado [central] y por corte paralelo.<sup>532</sup>

El desenrolle comienza a producirse por la parte circular (zona de albura), produciéndose una chapa bastante más homogénea que la obtenida por el desenrolle central.

La pieza se asegura con tornillos en un bastidor metálico que va montado de manera excéntrica. De esta manera comienza a girar contra la cuchilla para obtener la chapa.



---

<sup>532</sup> “Maderas de frondosas de los EE.UU. Especificaciones”, en *Guía de frondosas boreales para el decorador*, American Hardwood Export Council (AHEC), London, 1994, pág. 26.



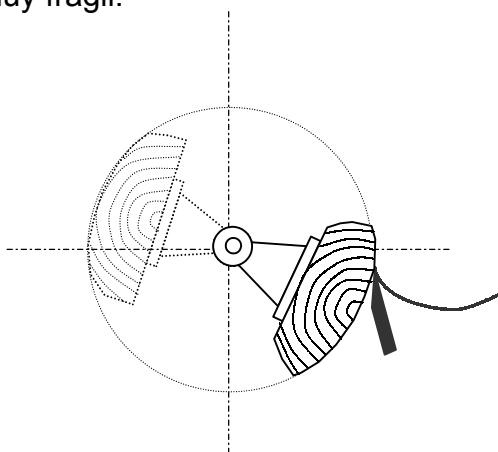
- **Chapa de desenrolle excéntrico posterior.**

Otras denominaciones habituales: **Corte posterior. Corte de desenrollado posterior. Chapa discontinua de desenrollo.**

En términos de despiece se suele englobar a estos tres cortes en uno sólo y hablar del “desenrollado excéntrico” sin más.

En este caso el duramen se coloca hacia fuera y la chapa ofrece un veteado similar al del desenrollado excéntrico común.

Esta técnica se utiliza para cortar chapas de raíz y de horquillas de veteado decorativo dado que el tamaño de las trozas es bastante inferior al de los otros tipos de chapas. La fibra presenta multitud de direcciones (esto equivale a mucha fibra corta) por lo irregular de estas piezas, por eso la chapa obtenida es muy frágil.



- **Chapa aserrada (chapa de sierra).**

Las chapas obtenidas mediante estos métodos, a mano o a máquina, raramente se fabrican en la actualidad debido fundamentalmente al elevado coste que suponen, dado que se desperdicia gran cantidad de madera (del orden del 50%) y su proceso es más costoso pudiéndose conseguir más fácilmente por otros métodos<sup>533</sup>.

---

<sup>533</sup> El desperdicio viene a ser, en cada corte, de 1 mm, es decir, el grosor de la hoja de la sierra. Esto es un problema en el caso de chapas de revestir dado que se produce una variación muy rápida en el dibujo de las vetas y hace muy difícil que luego casen para formar los dibujos del recubrimiento.

Se utilizan maderas de alta calidad que no se prestan al rebanado por su dureza o por que no pueden ablandarse por cocción pues se deterioraría el color. Las especies que más se usaron fueron: ébano, caoba, roble, etc.

Junto con las de cuchilla son las mejores que podríamos usar para la fabricación de tableros con fines artísticos<sup>534</sup> ya que la veta ocupa la posición original que ocupaba en el árbol (no se altera la textura interna), disminuyendo así las tensiones. Se utilizan también para rechapar superficies que van a estar



Caoba

sometidas a mucho esfuerzo ya que la chapa obtenida es más gruesa, entre 1 y 4-5 mm dependiendo de la clase de madera<sup>535</sup> que la obtenida por otros



Roble

métodos. En las sierras de bastidor horizontal el grosor puede ser menor, del orden de 0,5 mm. Al ser más gruesa resulta más cara y por eso se utiliza para rechapar con maderas nobles y en el canteado de tableros.

Al igual que la cuchilla se reconoce por el veteado natural que posee (igual que si se tratara de una tabla maciza).

#### - **Aserrado a mano.**

En los comienzos de la fabricación de chapas y hasta principios del siglo XIX, aproximadamente, que es cuando comenzaron a desarrollarse las máquinas de cepillado de chapas, todas las chapas se obtenían utilizando sierras manuales con hojas muy finas. Posteriormente, con el avance tecnológico, se desarrollaron sierras eléctricas que facilitaron notablemente el trabajo.

#### - **Caballote de aserrado con sierras circulares.**

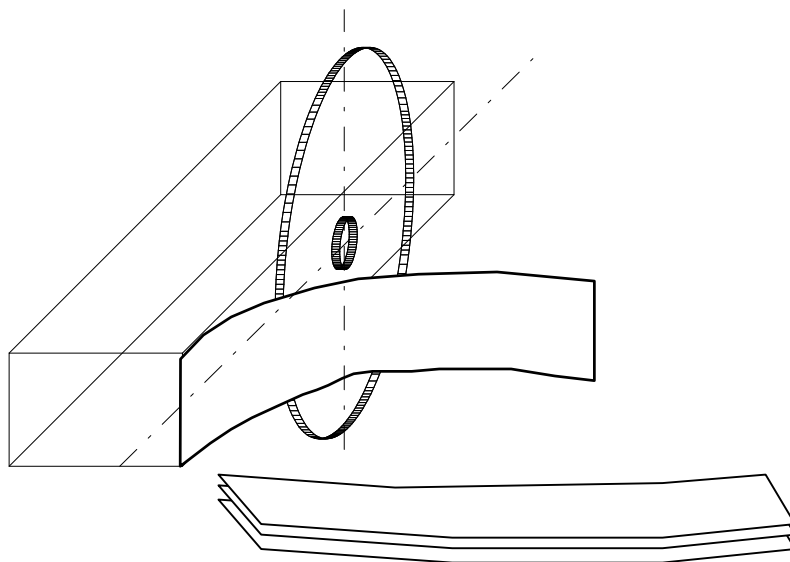
---

<sup>534</sup> Dependería del corte practicado la mayor o menor calidad de las mismas.

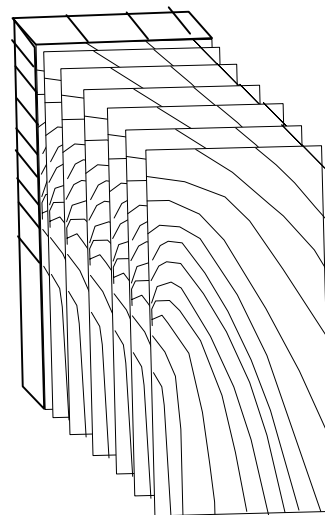
<sup>535</sup> “Las de pino, alerce y abeto rojo desde 1,5 mm en adelante, y las de maderas duras, como el roble, nogal, palo santo y macasar, a partir de 1 mm” (Fritz Spannigel, op. cit, pág. 59).

Otros nombres: **Sierras horizontales de bastidor.**

En los primeros años del XX comenzó la utilización de las sierras a motor y las chapas se cortaban sobre un caballete de aserrado mediante sierras circulares de gran diámetro<sup>536</sup>.



A pesar de la pérdida de material que supone, todavía se siguen utilizando grandes sierras circulares o de disco<sup>537</sup> para conseguir chapas de maderas especiales o para maderas difíciles de trabajar por lo irregular de su grano; ejemplo de estas son las de grano revirado. También se utiliza este sistema cuando no hay más remedio, porque la troza sea de forma complicada y no se adapte más que a este método<sup>538</sup>.



Al no necesitar un vaporizado previo de la madera, se suele reservar este método para la consecución de chapas de maderas que pueden sufrir cambios de coloración durante el vaporizado

<sup>536</sup> F. Cassinello, op. cit., pág. 73.

<sup>537</sup> Generalmente se emplean sierras de disco, principalmente sierras circulares de segmentos con diámetro  $D = 1,5$  a  $5$  m. La hoja de la sierra tiene mayor espesor en el centro que en el borde (sierra de hendir). Espesor de la chapa de sierra más delgada  $\delta \approx 1$  mm. *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978., pág. 481).

<sup>538</sup> Tampoco resulta provechoso este procedimiento por las grandes pérdidas que ocasiona para la obtención de chapas de raíz, de horcajos y de excrecencias, (Fritz Spanngel, op. cit, pág. 59).

al tener una constitución más sensible.

Con estos sistemas se desperdicia mucha madera.

Por lo general el grosor de las chapas oscila entre 1 - 1,1 y 1,2 – 1,6 mm.

Otras sierras como las de bastidor también tuvieron gran importancia en la obtención de chapas finas:

Asimismo tienen gran importancia las sierras de bastidor, horizontales, pero con hoja vertical, o sea con avance de abajo arriba. Espesor mínimo  $\delta \approx 0,5 \text{ mm}$ <sup>539</sup>.

- **Chapa de cuchilla.**

Otras denominaciones: Chapa a la plana. Chapa de plana (veneer).<sup>540</sup> Chapa de cepillo. Rebanado. Cepillado. Corte de cuchilla. Chapa rebanada. Chapas cortadas. Chapa de rodaja. Guillotinado. Chapa a la veta.<sup>541</sup>

Surge este sistema porque el aserrado de chapa producía pérdidas cuantiosas.

Este tipo de chapas de cuchilla se obtienen de manera parecida a un cepillado o rebanado del tronco, igual que si lo hiciéramos a mano.

Al tronco se le dan unos cortes en sentido longitudinal con la máquina plana o “rebanadora”: «El tronco o la troza se sujetan en un banco o bastidor deslizante que se mueve verticalmente frente a la cuchilla, cortándose tiras de chapa de veteado muy semejante.»<sup>542</sup> Aquí la cuchilla de la máquina se mueve en sentido vertical, pero también existe otro tipo de máquinas más utilizadas que son las de corte horizontal.

Analizando el tipo de veteado que pueda interesar. Una vez determinado éste, se procede a cortar los troncos a tamaños menores y dejarlos dispuestos para el rebanado: «Esto permite empalmarlos

---

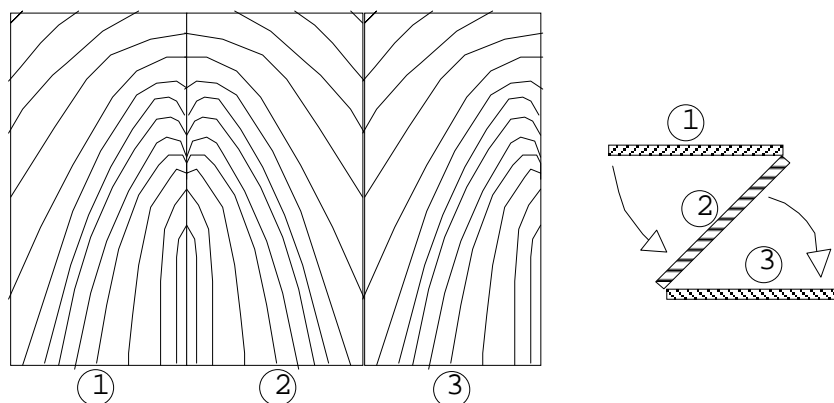
<sup>539</sup> *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978, pág. 481.

<sup>540</sup> Según la norma UNE-EN 313-2:2000 no sobrepasa los 7 mm de espesor.

<sup>541</sup> Vid. norma UNE-EN 313-2:2000.

<sup>542</sup> Según el sitio en donde se realiza el corte (corte tangencial o radial) las vetas tendrán una separación más o menos regular.

combinándolos de manera que las vetas resulten simétricas respecto a la línea de unión. Este sistema se usa para las chapas de más valor».<sup>543</sup>



Normalmente con él se obtienen las chapas decorativas de maderas duras (principalmente maderas nobles). En España tenemos, en Galicia, 4 fábricas que producen chapa decorativa por este sistema utilizando maderas de la zona: pino gallego, eucalipto y castaño.<sup>544</sup>

El tipo de rebanado viene determinado por las características propias de cada especie de madera.

La anchura de las chapas va a depender del tamaño del rollizo. La longitud suele oscilar de 3,5 a 5 m.

Para evitar el astillado de las delgadas chapas durante su corte, se vaporiza previamente la madera para que se vuelva plástica. Algunas maderas extranjeras, muy pocas, pueden cortarse en chapas en estado verde.

El listón de presión [barra de presión, pisón, etc.] aumenta la compacidad de la madera inmediatamente delante del filo y equilibra las tensiones internas de la madera entre el filo y la cara del listón.

El apriete, la posición y la forma del listón de presión deben adaptarse a la clase de madera y al espesor de la chapa, pues las diferencias de tensiones en las dos caras de la chapa (compresión o tracción) dan distintos aspectos a las mismas (cara superior “cerrada”, cara inferior “abierta”).<sup>545</sup>

<sup>543</sup> F. Cassinello, op. cit., pág. 73.

<sup>544</sup> Carlos Baso López, “La cadena de la madera en Galicia y el país vasco”, *Aitim*, Enero-Febrero, n° 179, 1996 Aitim, Madrid, pág. 29.

<sup>545</sup> *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978, pág. 481.

La cara cerrada recibe el nombre de “lado apretado” y la cara abierta “lado suelto”. A estas chapas se les denomina *chapas de una cara*. Estas caras se hacen más evidentes en las chapas de desenrollo.

Cada vez que el bastidor baja obtenemos una chapa. Posteriormente se hace avanzar la cuchilla o la pieza tantos milímetros como el grosor de las chapas obtenidas.

La barra de presión y la cuchilla se colocan de manera horizontal delante de la madera y así, con cada movimiento de descenso del bastidor, se obtiene una hoja de chapa. Después de cada corte se hace avanzar la cuchilla o la propia pieza tanto como grosor se desee en la chapa<sup>546</sup>.

En el caso del haya, especie muy utilizada en los chapeados, su guillotinado se efectúa sin dificultad dando chapas de «15-25 décimas en fresco. Para espesores superiores es necesario secar la madera. Es recomendable aplicar una ligera tasa de presión, del orden del 5%, al reglaje de la guillotina.»<sup>547</sup>

En España, sobre todo en Valencia y Murcia, se obtienen tablillas para laminados dando el corte a la pieza de madera por la testa, a lo largo de la fibra y no a contraveta como en la chapa a la plana. En el corte de esas tablillas se hace mover la pieza de madera y la barra de presión y no la cuchilla.<sup>548</sup> Con este sistema se produce un aprovechamiento total de la madera porque no se produce ningún tipo de desperdicio.

Como veremos más adelante hay otras posibilidades.

#### - **Cepillado.**

También denominado como: **cortes tangenciales.**

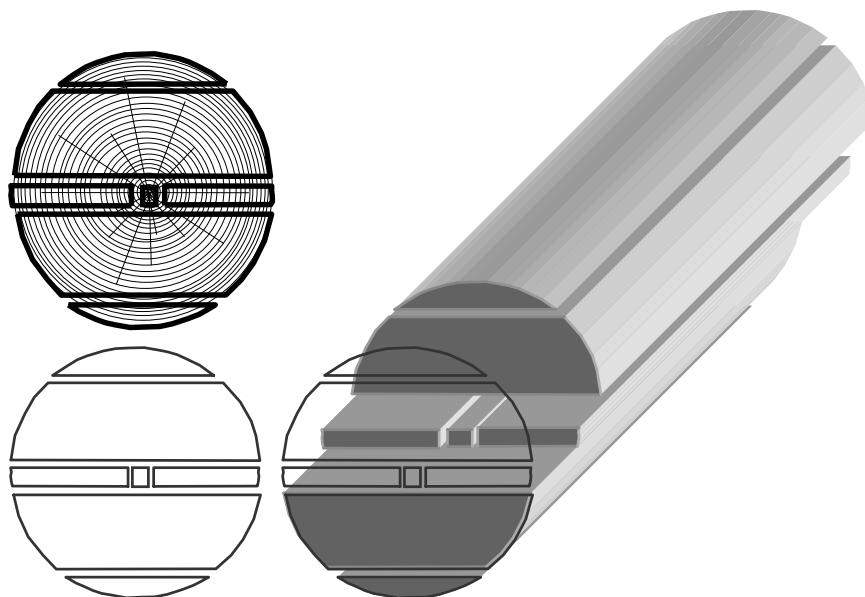
Se comienza dando unos cortes al tronco longitudinalmente, para eliminar la médula y los costeros que no se pueden utilizar y montando el tronco en un banco, que se eleva según el grueso que deseemos para las chapas.

---

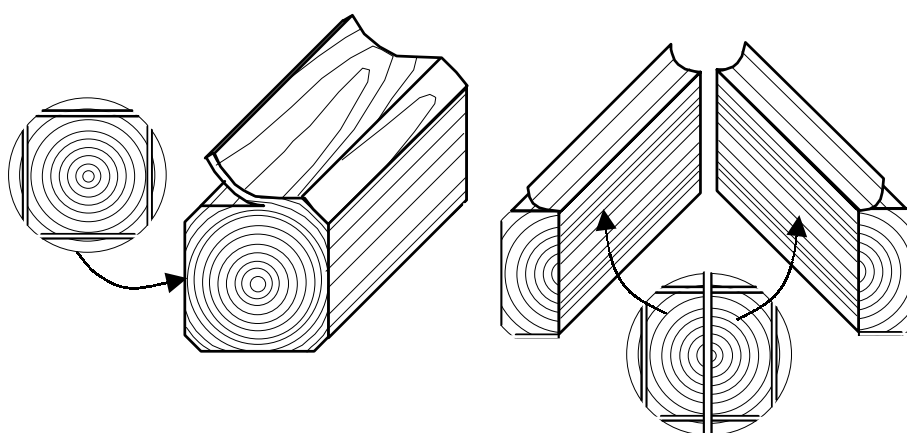
<sup>546</sup> Albert Jackson et al, op. cit., pág. 31.

<sup>547</sup> Enrique Torres Alvarez, op. cit., pág. 15.

<sup>548</sup> Aitim. *Boletín de Información Técnica* nº 191, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1998., pág. 15.



La eliminación de costeros puede realizarse como en la Fig. anterior, es decir la eliminación de costeros opuestos para asentar mejor el tronco y comenzar con el corte, o la eliminación de los cuatro costeros como propone Cassinello<sup>549</sup>, para posteriormente dar un corte al hilo por el corazón y así obtener dos piezas (medianas) que se cortarán tangencialmente para la obtención de chapas. Con este método se obtienen algunas chapas de corte radial; son las que incluyen la médula, o en el caso de habérsela quitado, que es lo más habitual, las chapas más próximas a ella y cortadas perpendicularmente a los anillos de crecimiento.



Obtención de las medianas.

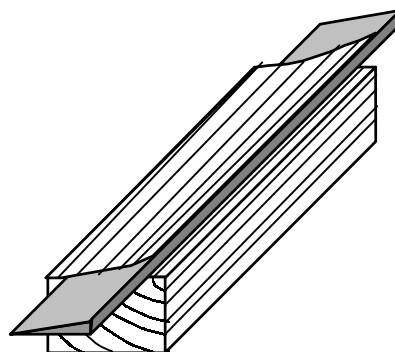
<sup>549</sup> F. Cassinello, op. cit., pág. 73.

Utilizando medios rollizos el proceso sería el siguiente:

El medio rollizo se monta con el lado del corazón presionado contra la mesa de la máquina y el corte se efectúa paralelo a una línea que pasa por el centro del tronco. Se produce así un veteado bien definido.<sup>550</sup>

Los cortes también pueden hacerse por cuartones, y si los cortes comienzan como indica el dibujo<sup>551</sup>, las primeras chapas serán de **corte radial**.

Un cepillo o cuchilla de ancha hoja va cortando las hojas de una en una como si de un cepillo de carpintero se tratara. Después de cada corte el banco o carro alza automáticamente al semitronco en una altura igual al grosor de la chapa que vayamos a



obtener. La orientación del tronco respecto a la Cuchilla es variable. Podemos comenzar el corte por la zona de costeros como proponen Jackson<sup>552</sup> y Hugh<sup>553</sup> o podemos comenzar por la zona más próxima al corazón como propone Spanngel<sup>554</sup>, sea como fuere el veteado que se produce es totalmente natural y no difiere nada de las chapas obtenidas por aserrado y de la madera maciza. Según la zona de corte se producirán veteados diferentes. Si está próxima al corazón el veteado será recto y las vetas muy juntas. En las zonas próximas a los costeros formará distintas aguas.

El grosor que se suele obtener oscila entre 0,3 y 0,6-0,8 mm y no se pierde nada de madera ya que no se produce serrín.

<sup>550</sup> “Maderas de frondosas de los EE.UU. Especificaciones”, en *Guía de frondosas boreales para el decorador*, American Hardwood Export Council (AHEC), London, 1994, pág. 26.

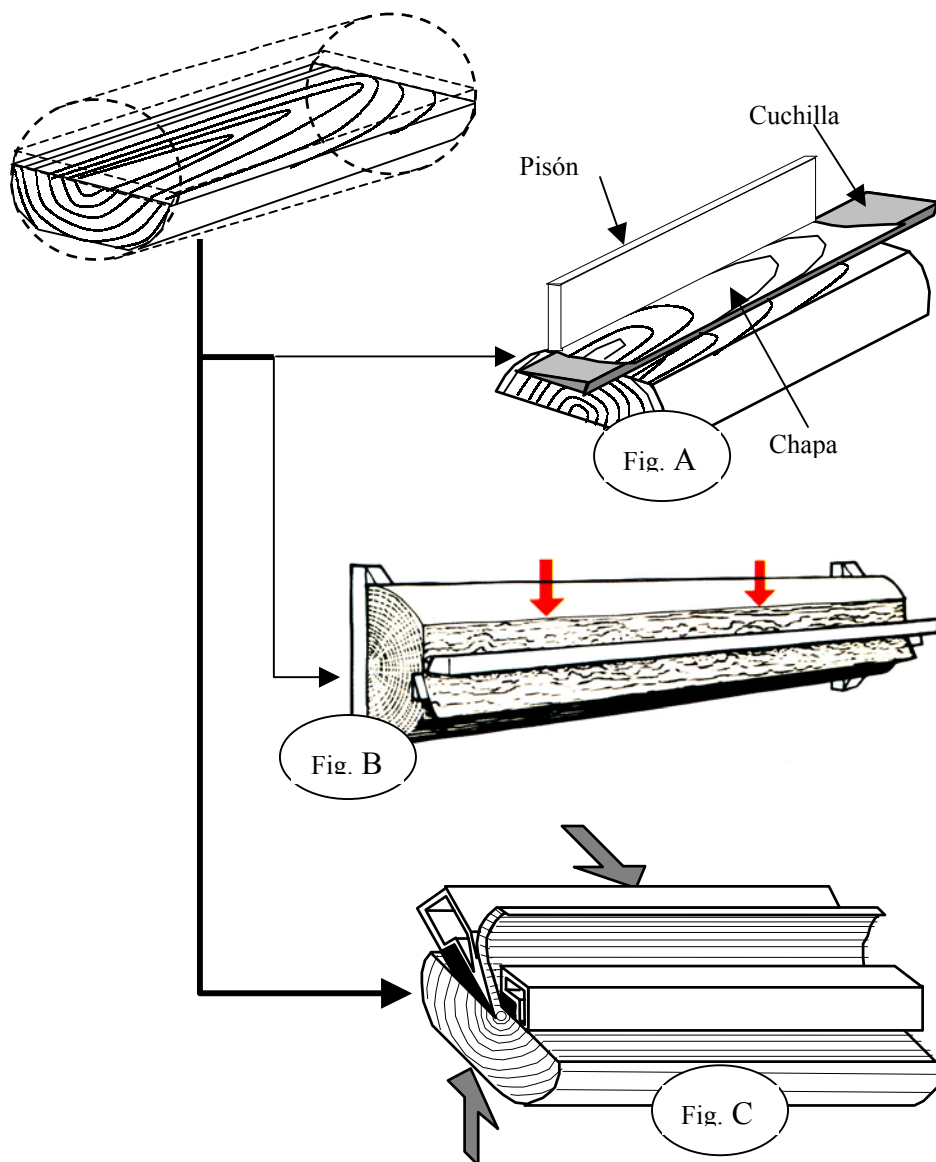
<sup>551</sup> Hugh Johnson, op. cit., pág. 119.

<sup>552</sup> Véase en la siguiente ilustración la ubicación vertical de la cuchilla que él propone, fig. B.

<sup>553</sup> Véase Fig. A.

<sup>554</sup> Ídem fig. C.





El astillado de las chapas es inevitable aún tomando las medidas oportunas. Se producen especialmente en la chapa desenrollada y en la de cuchilla. Se reconocen estos agrietamientos arqueando la chapa en las manos:

La estructura de estas chapas, dado su modo de obtención. Es, en cierto modo, parecida a la de las virutas, o sea que en ella se presenta el desgarre de las fibras de madera. A pesar de que el tronco se ablande por el vaporizado antes de cortarlo y de que la máquina de cortar vaya provista de reglas de presión que eviten el astillado y la rotura de las fibras, no es posible la obtención de chapas de cepillo sin algún que otro defecto. La textura de la madera, aflojada por el vaporizado, presenta numerosas grietas pequeñas a lo largo de las fibras.

Las modernas máquinas de hacer chapa poseen un útil que, a medida que va cortando la chapa, la pisa e inclina hacia un

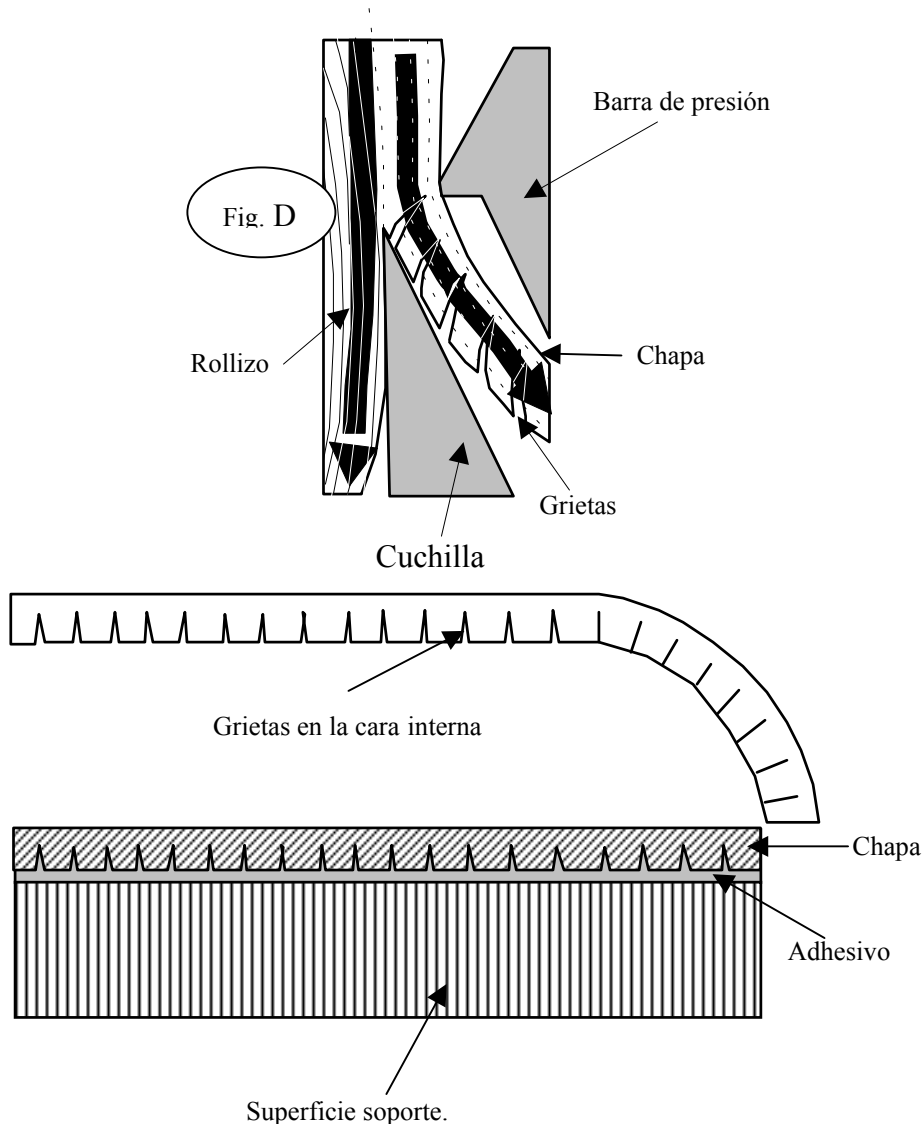
costado produciéndose en la parte inferior de la misma unos ligeros desgarros.

La madera se corta hasta obtener gruesos comprendidos entre 0,3 - 0,8 mm, y con ese escaso grosor estas láminas deben ser manipuladas con el máximo cuidado. Hay que tener precaución de encolar la cara inferior (la de los desgarros) a la madera soporte. De este modo la cola penetra en las fendas logrando una mejor adhesión y homogeneidad de la chapa.

Según sea la estructura de la madera, la chapa se corta más o menos gruesa. El roble, el fresno y el olmo, así como otras maderas de poros gruesos no se suelen cortar a menos de 0,8 mm. El nogal suele ser de 0,6 mm. Las chapas de soporte no suelen cortarse hoy a más de 0,5 - 0,55 mm.

Desde el punto de vista técnico son preferibles las chapas de cepillo, pues las células conservan la misma disposición que tenían en el árbol, es decir, no se altera la textura de la madera, lo que no sucede en la chapa desenrollada<sup>555</sup>.

Ilustración de Albert Jackson sobre el proceso de corte<sup>556</sup>



<sup>555</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 60.

<sup>556</sup> Albert Jackson et al, op. cit., pág. 31.

- **Cepillado al cuarto.**

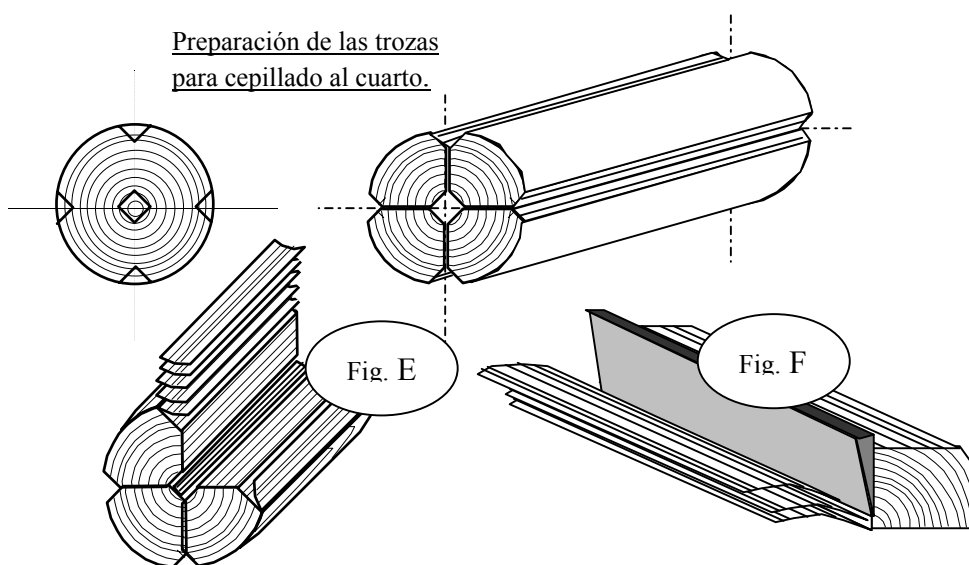
También se le denominó: **Corte radial. Corte a cuartos. Aserrado de la chapa por cuartos. Chapa a la plana radial.**

En el cepillado de la chapa por cuartos, una vez ablandado el cuartón, ya sea empapándolo directamente en agua o bien sometiéndolo a un tratamiento de vapor de agua, se dispone sobre una plataforma móvil que va haciéndola pasar a través de la hoja de una cuchilla fija.

Hay especies de atractivos veteados que ganan en belleza al ser cortadas radialmente:

Aquellas maderas que, al cortarlas radialmente, presentan un veteado atractivo y muy llamativo se transforman en piezas cortadas al cuarto para obtener un resultado semejante. Estas piezas se colocan de manera que los radios de la madera sigan la dirección del corte lo más posible, para conseguir así el mayor número de chapas con corte radial<sup>557</sup>.

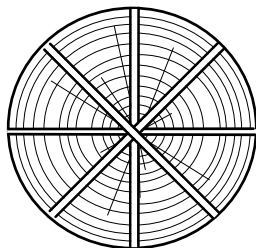
En las siguientes ilustraciones se muestran dos posibilidades basadas en el mismo concepto: la consecución de chapas radiales. En la figura E se obtiene mayor cantidad de chapas radiales por la disposición del corte. Éste es perpendicular a los anillos de crecimiento en una superficie mayor que en la figura F dado que en ésta hay una zona, próxima a los costeros y alejada del corazón, en la que el corte resulta tangencial.



<sup>557</sup> Albert Jackson et al, op. cit., pág. 31.

En este sistema el cuartón de monta en la mesa de tal manera que los anillos formen ángulo recto con la cuchilla. Terminado el corte se producen normalmente franjas rectas en algunas especies, mientras que en otras los dibujos son más variados.

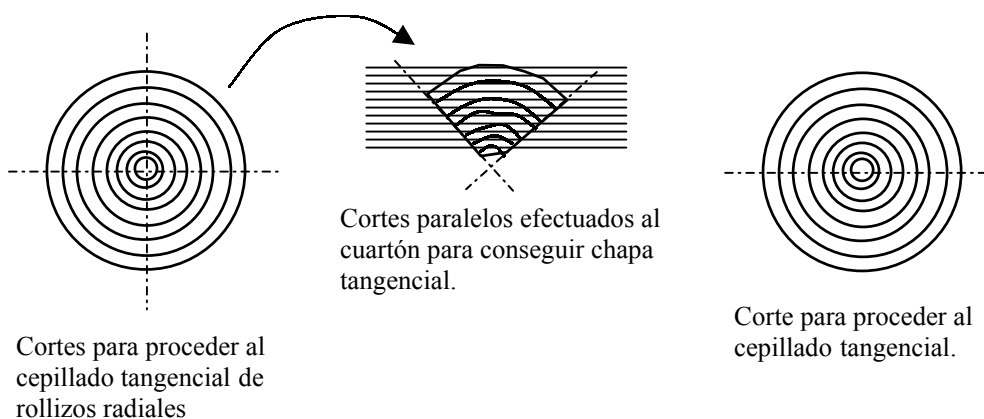
Hay una variante que es el cepillado al falso cuarto:



- **Cepillado tangencial de rollizos radiales.**

Efectivamente, la única diferencia entre éste sistema y el cepillado tangencial es que en éste el rollizo ha sido cortado en cuartos y por eso dará una chapa más estrecha que el rebanado tangencial en el que sólo se da un corte longitudinal al rollizo, quedando éste dividido sólo en dos partes:

Las piezas cortadas al cuarto también se pueden colocar de manera que se obtengan chapas de cepillo de corte tangencial. Este tipo de chapas son más estrechas que las chapas obtenidas a partir de rollizos seccionados longitudinalmente, pero pueden dar lugar a veteados muy atractivos<sup>558</sup>.



<sup>558</sup> Albert Jackson et al, op. cit., pág. 31.

- **Chapa radial.**

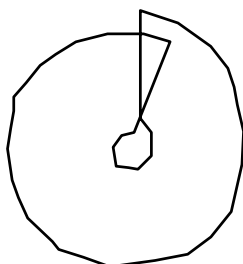
Otra denominación: **Corte cónico.**<sup>559</sup>

Podríamos decir que es un tipo especial de chapa desenrollada dado que su obtención es muy similar pero realmente es muy poco frecuente.

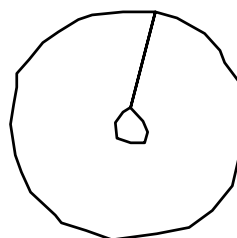
Se consigue montando el extremo de un tronco en un cono provisto de una cuchilla. Es algo parecido a sacarle punta a un lápiz. El ángulo de contacto de la cuchilla determina el ancho de la hoja.

Con este método podemos obtener chapas en forma de espiral. Las vetas adquieren un aspecto radial reiterado (forman dibujos floreados o irisados).

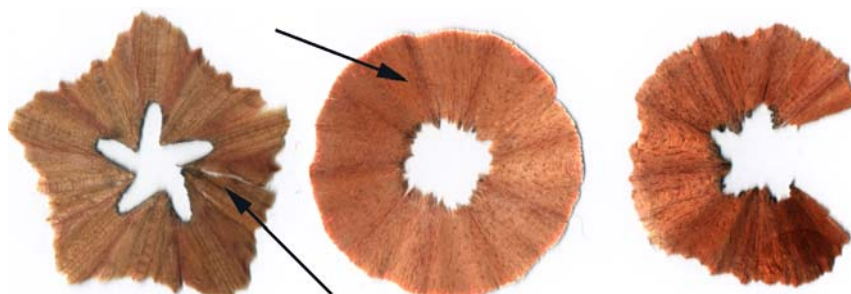
Se utilizó antiguamente para rechapar mesas redondas de pequeño tamaño. Tenía buen aspecto dado que sólo presenta una única junta visible de tipo radial que apenas se ve precisamente por ser también radial. En el centro solía quedar un agujero que se rellenaba con otra chapa con dibujo.



Aspecto de la chapa al salir del cono de corte.



La chapa ya cortada. Se aprecia única línea de encolado y el agujero central.



Reconstrucción realizada con un sacapuntas y lápices de distintos perfiles.

<sup>559</sup> Como si se obtuviera con un sacapuntas.

El corte radial vendría a ser algo similar a lo que muestra la imagen. Las flechas indican la unión encolada. Obsérvese la dirección radial del veteado y el agujero central que queda.

El aspecto viene determinado por la forma de la troza, raigal, etc. empleados.

Se genera veta muy corta y quebradiza.

### **3.3.3.2 Según la finalidad de aplicación.**

Según la función constructiva que desempeñen o finalidad de aplicación, tendremos chapas con finalidad decorativa o con finalidad técnica.

- **Finalidad decorativa: chapas de revestimiento**

También llamadas: **chapas de cubrir, chapas de rechapar, rechapar, chapas vistas.**<sup>560</sup>

Utilizada desde el antiguo Egipto para el embellecimiento del mobiliario.

Según Hugh: «consiste en encolar una lámina delgada de una madera, sobre una base de madera ordinaria pero de buena calidad estructural»<sup>561</sup>.

Permite usar más económicamente chapas de maderas de alto valor, que de otra manera sería imposible, dados su escasez y alto precio. También permiten usar maderas de dimensiones pequeñas.

El hecho de utilizar la madera valiosa de esta manera acarrea un aprovechamiento total sin desperdicio alguno, sacándole así un mayor rendimiento y consiguiendo a la vez una menor destrucción de las especies valiosas económicamente hablando.

Este tipo de chapas tiene un fin exclusivamente decorativo y por ello se suelen usar maderas nobles y no especies de escaso valor.

---

<sup>560</sup> A veces se denominan “chapas de aplacar” a las chapas de rechapar, pero creemos que es más correcto utilizar el término “aplacar” cuando se trate de usos estructurales y dejar los términos “rechapar”, “cubrir” o “revestir” cuando se trate de usos decorativos, pues se ajustan más a la misión que cumplen..

<sup>561</sup> Hugh Johnson, op. cit., pág. 118.

Estas chapas ennoblecen tableros fabricados con maderas de baja calidad.

A finales del XIX se chapaba sobre base de madera ordinaria de pino weymouth o de roble con chapas de caoba.<sup>562</sup> En la actualidad se suele encolar la chapa sobre tableros manufacturados, dado el elevado precio de la madera maciza y la dificultad de conseguirla: contrachapados, alistonados, aglomerados, etc. Estos tableros suelen ser bastantes estables como madera soporte<sup>563</sup> y podemos encontrarlos en dimensiones superiores a las que se pudieran hallar en tableros de madera maciza.

Según la clase de madera utilizada pueden ser desde 0,5 hasta 3 mm de grosor<sup>564</sup> pero realmente las chapas vistas y las de soporte no suelen exceder de 0,5 mm de grosor.

Debemos encolar siempre la chapa de cruz (la que tiene las grietas) hacia abajo, pues su superficie es más basta, pero en el caso que nos ocupa: el aspecto decorativo, esto no se puede hacer dado que se deben colocar las chapas de forma alterna para que casen y formen los dibujos. De esta manera quedará una chapa hacia arriba, la siguiente hacia abajo y así sucesivamente.

Los tres materiales fundamentales para realizar un revestimiento son: la chapa decorativa, la madera soporte y el adhesivo. De la chapa nos estamos ocupando. De las características de la madera soporte ya hemos hablado en capítulos anteriores y hablaremos en los capítulos dedicados a los tableros manufacturados. Del adhesivo empleado en los rechapados debemos saber que tradicionalmente se han empleado colas de origen animal, las mismas que empleamos para la preparación de nuestros soportes y aparejos. Se prefería la cola de piel a la de huesos por su menor

---

<sup>562</sup> En la actualidad (desde finales de 2001) se ha dejado de explotar la caoba brasileña *Mahogany Swietenia macrophylla*, a la espera de recuperar la especie.

<sup>563</sup> Debemos tener en cuenta que no todos los tableros manufacturados se comportan de la misma manera. Habrá que atenerse a la calidad de los materiales que los componen, al proceso de fabricación empleado, a los aglutinantes empleados o no, fungicidas, agentes hidrófugos e ignífugos y a las condiciones a las que va a estar sometido dicho tablero y así podremos hacernos una idea de lo que puede ocurrir, de lo estable que puede llegar a ser.

<sup>564</sup> Nogal 0,5 mm, alerce desde 1,0 mm hasta 3,0 mm.

poder adhesivo y además al no fluir tan fácilmente por las uniones evita una limpieza adicional o la posibilidad de manchas<sup>565</sup>, a parte de emplearse a una menor temperatura.

Como es lógico, estas colas se aplican en caliente (al baño M<sup>a</sup>) y esta característica lleva implícito un conocimiento del comportamiento del adhesivo y su aplicación que no todo el mundo posee.

Quedan ya pocos talleres y artesanos que sigan utilizando estas colas por lo engorroso de su preparación y por la existencia de colas sintéticas mucho más fáciles de utilizar<sup>566</sup>.

- **Proceso de encolado. (Maderas chapadas).**

Los materiales que se necesitan para realizar el rechapado han de estar en perfectas condiciones y ser de buena calidad.

La superficie a rechapar (o superficie soporte) debe estar libre de suciedades y defectos y lo más lisa posible. Sería preferible usar tablas de duramen, pero esto no siempre es posible. Son buenas las especies con poca diferencia entre sus anillos anuales, siendo así más regular la superficie (abeto rojo, pino, álamo y tilo).

La cantidad de cola a aplicar será la suficiente para adherir la chapa a la base y deberá rebosar por los bordes lo menos posible. Con una capa fina será suficiente. Si aplicamos capas gruesas, por defectos o irregularidades en el soporte, no aseguraremos mejor la chapa, al contrario, si la cola contiene agua, estaremos aportando un exceso de agua que hará que al evaporarse se produzcan fuertes contracciones que pueden dañar la chapa.

---

<sup>565</sup> “(...) Las [colas] orgánicas animales y vegetales, por su carácter alcalino, suelen manchar a las maderas ricas en tanino” (César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción.....”, *Montes*, año X, nº 58, Julio-Agosto, 1954, Montes, Madrid, pág. 283).

<sup>566</sup> La última vez que tuve ocasión de presenciar el rechapado de una mesa con esta técnica fue hace algunos años en un pequeño taller situado a los pies de la Alhambra de Granada. El artesano utilizaba un jarabe espeso y muy oscuro (quizá un poco quemado) de cola de conejo que ni siquiera ponía al baño M<sup>a</sup>, lo utiliza al fuego directo y sumamente caliente. Técnicamente, la cola aplicada de esa manera resultaría dañada por la excesiva temperatura, pero hay que decir que los rechapados y taraceados que tenía en el taller eran impecables; su encolado era perfecto. Algunos que tenía expuestos desde hacía más de treinta años, permanecían inalterados.



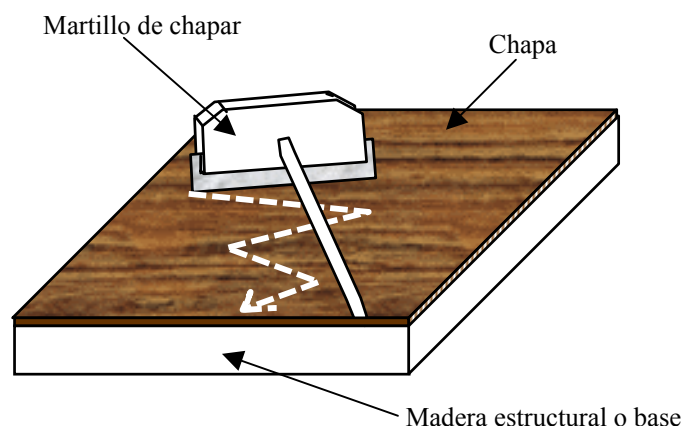
No resulta necesario el cepillado de dientes ya que sólo conduce a un mayor consumo de cola sin aumentar la efectividad del encolado. Algunos talleres industriales emplean para este menester tableros contraplacados con la chapa discontinua o practican un rasguñado en la chapa o emplean directamente tableros alistonados huecos<sup>567</sup>.

Algunos artesanos crean estas superficies rugosas con un trozo de sierra de cortar metales o una sierra de costilla y van arañando con ella toda la superficie. Esto puede funcionar cuando vamos a encolar piezas de mayor grosor y no finas chapas.

La forma tradicional de proceder (en el caso de la cola animal) era la siguiente:

Colocación de la chapa en la horma: sobre la chapa encolada a la madera estructural se coloca una tabla de madera recubierta por una placa de zinc que es precalentada previamente para mantener la cola en estado líquido hasta que haya tenido el tiempo suficiente para extenderse por toda la superficie de unión, mientras el conjunto plataforma-chapa-horma es presionado mediante las mordazas.

En el sistema tradicional de chapado la cola se disponía tanto sobre la superficie interna de la chapa como sobre la base. El conjunto formado por ambas se humedecía, se calentaba con una plancha y se iba presionando suavemente mediante movimientos en zigzag del martillo, empezando por la parte central de la pieza<sup>568</sup>.



<sup>567</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 72. También puede consultarse el capítulo referido a adhesivos en el que se comenta cómo deben realizarse los encolados en general.

<sup>568</sup> Hugh Johnson, op. cit., pág. 119.

Realmente la función de los **martillos de chapear** es parecida a la de la **imprimadera** que nosotros usamos en los entelados. En el chapeado se trata de eliminar la cola sobrante (siempre que no sea de impacto) y las burbujas de aire atrapado en su interior y presionar para que se efectúe la unión de chapa y tablero soporte.

Continuando:

Hoy no se calienta más que la plancha de cubierta o “mantilla”, por lo general metálica. La consecuencia es que la cola no es bien absorbida por el tablero frío de soporte y, en cambio, la mantilla caliente favorece la penetración de aquella en el chapeado con el peligro de que éste resulte atravesado por la cola. Si el exceso de cola no puede fluir al exterior, implica una gruesa película de cola que aporta sensible cantidad de agua a la madera y que origina desigualdades después del secado. Los revestimientos perfectos sólo pueden conseguirse:

+ Con el caballete de encolar.

+ Y tableros de soporte ligeramente caldeados, de manera que al apretar del centro hacia fuera vaya siendo comprimida la cola.

+ Cuando toda la cola sobrante fluya hacia el exterior.

El chapeado moderno utiliza escasísimo material adhesivo (100-200 g/m<sup>2</sup>) y esto hace que el fluir de la cola al exterior sea prácticamente imposible, si se trabaja como es debido, y al mismo tiempo casi no hay traspaso de agua a la madera. La cola en películas y el encolado en seco, incluso llegan a exigir un ligero rociado de los tableros. Una capa de cola abundante, con 450 a 500 g/m<sup>2</sup>, como suele aplicarse, no es nada ventajosa para este trabajo. Las superficies deben prepararse con suficiente pulcritud para que no sean necesarios más de 250 a 300 g/m<sup>2</sup>, aunque no se disponga de una prensa hidráulica<sup>569</sup>

Hace más de veinte años la mayor parte de los talleres abandonaron el uso de adhesivos de melamina, urea y fenólicos y comenzaron a utilizar las colas animales de antaño pero con una diferencia respecto a su manipulación y es que endurecían en caliente con ayuda de catalizadores<sup>570</sup>. Se utilizaban como las sintéticas y eran solamente resistentes a la humedad.

Actualmente se utilizan adhesivos de contacto o de impacto (de clorocaucho) y los denominados “hot-melt adhesive” que funden con el

---

<sup>569</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 72.

<sup>570</sup> Incorporamos esta aclaración por motivos pedagógicos ya que no hemos podido contrastar dicha información ni aclarar más en qué consiste dicho catalizador.

concurso de calor<sup>571</sup>. Existen en el mercado infinidad de adhesivos del tipo “hot-melt” pero cada industria opta por los que se adecuan mejor a sus necesidades. Las industrias de rechapados suelen utilizar<sup>572</sup>, sin excluir otros, los tres siguientes:

*HOT-MELT BASE EVA:*

Resistencia al calor: 60-65° C.

Propiedades: Buenos resultados generales para sustratos de madera.

Aplicaciones: Recubrimientos con chapas o papel de perfiles o molduras cuando el uso es interno y basta con que la resistencia al calor esté entre 60° - 65°.

*INSTAWELD PLUS 7218.*

Adhesivo de origen italiano, está considerada como la mejor resina termoplástica para estos menesteres. Es una poliolefina. Resiste temperaturas comprendidas entre -20° C y + 110° C

Temperatura de aplicación: 170° C – 180° C.

Resistencia al calor: 90° C – 100° C aproximadamente.

Propiedades: excelente resistencia en climas cálidos. Excelente resistencia a los procesos de secado de barnices en base agua.

Aplicaciones: chapa forrada o sin forrar o papel o sustratos de madera, MDF, aglomerados. Cuando se necesita resistencia a elevadas temperaturas o cuando deben usarse barnices base de agua que tienen tiempos y temperaturas de secado superiores a los de las lacas base disolvente.

---

<sup>571</sup>. También denominado adhesivo de fusión en caliente. Es un material, sólido, termoplástico, que funde rápidamente al calentarlo y constituye un enlace sólido al enfriarlo. Los demás adhesivos, en su mayoría, pegan por evaporación del disolvente. Los de fusión en caliente ofrecen la ventaja de que unen casi instantáneamente, lo que les hace apropiados para operaciones automatizadas. En general, son productos de bajo coste y de poca resistencia, pero muy adecuados para unir materiales celulósicos. Los ingredientes de estos adhesivos son polietileno, acetato de polivinilo, poliamidas, resinas hidrocarbonadas, así como asfaltos naturales, alquitranes, materiales resinosos y ceras.

Otros usos: pegado rápido y eficaz de materiales de baja resistencia, por ej. Encuadernación de libros, envases de cartón para alimentos, costuras laterales engatilladas para latas de conservas, varias aplicaciones para embalajes (Gessner G. Hawley, op. cit., Pág.25).

<sup>572</sup> Principalmente para el encolado de cantos.

*HOT-MELT de poliuretano reactivo (PUR):*

Temperatura de aplicación: De 120° C a 130° C.

Resistencia al calor: De -40° C a +110° C.

Propiedades: Adhesión a metales, PVC; resistencia a disolventes; elevada resistencia a la temperatura y a la humedad.

Aplicaciones: Para unir metal a PVCU o si va a emplearse film de PVC. Puede utilizarse para chapa de madera o papel, para materiales de madera donde los requisitos clave son la resistencia a exteriores junto a una resistencia total a los disolventes, además de la máxima resistencia a la temperatura de -40° C a +110° C.

Las cantidades de adhesivo, la temperatura y los tiempos de prensado están íntimamente relacionados entre sí. Cuanto mayor sea la temperatura menor debe ser la cantidad de cola que se aplica, para evitar avejigamientos.

Cuando los chapeados son automáticos, un rodillo dosificador aplica la cola que luego es reactivada, antes de proceder al encolado de la chapa, en la zona de infrarrojos con tubos de cuarzo.

Las dosificaciones, según Spannagel<sup>573</sup>, son las siguientes:

Hasta 120° C → 150-275 g/m<sup>2</sup>.

Entre 130-150° C → 110-175 g/m<sup>2</sup>.

Cuanta menor sea la cantidad de adhesivo, mayor será la presión (pero ésta no debe ser inferior a los 6 Kg/cm<sup>2</sup>):

(...) Las presiones fuertes originan los alabeos de prensa, sobre todo en maderas poco secas. De aquí ha surgido la técnica del encolado en seco con grandes presiones y escasa cantidad de cola.

Desde el punto de vista industrial es importante:

- + Vapor caliente.
- + Máquinas encoladoras de rodillos.
- + Pesadas prensas hidráulicas.

---

<sup>573</sup> F. Spannagel, op. cit., pág.72.

Desde el punto de vista de la economía:

- + Parca aplicación de cola.
- + Reducción de coste por el empleo de tableros alistonados huecos.
- + Rápido proceso en trabajos parciales mediante una aceleración de los tiempos de secado<sup>574</sup>

Suelen emplearse tanto adhesivos fluidos y densos como adhesivos en láminas o películas. Entre estos últimos tenemos “Tegofilm” o “Tego®”, producto suministrado en forma de película en rollo impregnado con una resina basada en fenol-formaldehído. Se usa como agente aglutinante e impermeabilizante utilizado en la prensa caliente para la elaboración de paneles chapados de alta calidad y para juntas de muebles chapeados<sup>575</sup>.

#### Encolado con colas fluidas:

En el encolado con colas fluidas suele procederse primero a un batido del adhesivo hasta espumarlo y lograr un volumen mucho mayor. Entonces se pasan las chapas por la encoladora de rodillos. Esta no consta tan sólo de dos rodillos a través de los cuales pasa la chapa, pues se le ha incorporado otro rodillo dosificador situado entre el encargado de encolar y el rodillo de arrastre, de tal modo que la cola se administra con gran economía hasta lograr una distribución de 100 a 120 g/m<sup>2</sup>.

A tenor de la teoría, según la cual para una presión de 1000 Kg/cm<sup>2</sup> corresponde una cantidad de cola de 0,005 Kg/m<sup>2</sup>, para poder logra un encolado eficaz hay que compensar en presión lo que se hubiera economizado en cola. Sin embargo, hay que tener presente que en las compresiones altas existe un límite de resistencia hacia arriba. Es comprensible, pues, que solamente con prensas hidráulicas con platos de acero y varios cilindros de soporte podrán lograrse presiones de 15 – 25 Kg/cm<sup>2</sup> para realizar un encolado como los que se exigen hoy día<sup>576</sup>.

#### ○ **A una cara (chapeado simple).**

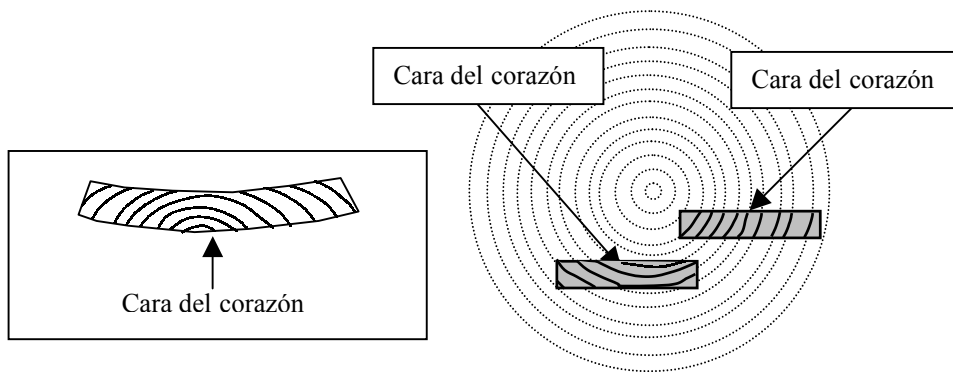
Este sistema debe evitarse en lo posible, pues al realizar el encolado por una sola cara estamos generando tensiones desiguales en ambas y puede hacer que la madera se abarquille dando una forma cóncava al tablero. Para evitar esto la chapa debe aplicarse por la cara de la base más próxima al corazón del árbol, de esta manera se contrarresta la contracción que sufre la madera al secarse.

---

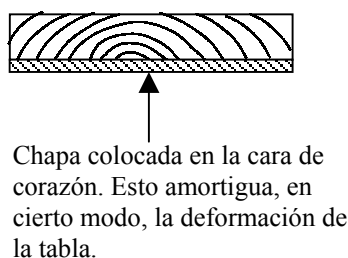
<sup>574</sup> Ídem, pág. 72.

<sup>575</sup> Gessner G. Hawley, op. cit., Pág. 940.

<sup>576</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 74.



De esta manera sencilla podemos averiguar cuál es la cara idónea para rechapar, conociendo su ubicación en el árbol.



Si no hay más remedio, puede hacerse este tipo de chapeado con ciertas precauciones:

Contrarrestar las posibles contracciones con cola (de conejo) de alta viscosidad<sup>577</sup>.

Aplicar una capa abundante de cola en la trasera que no recibirá la chapa.

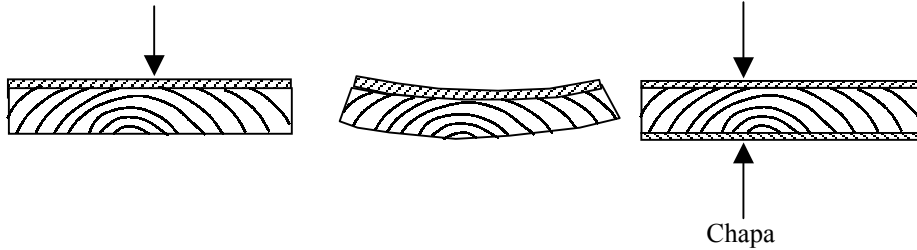
Aplicar la chapa cuando la cola haya empezado a endurecer para evitar posibles dilataciones de la misma.

Prensar y dejar secar varios días.

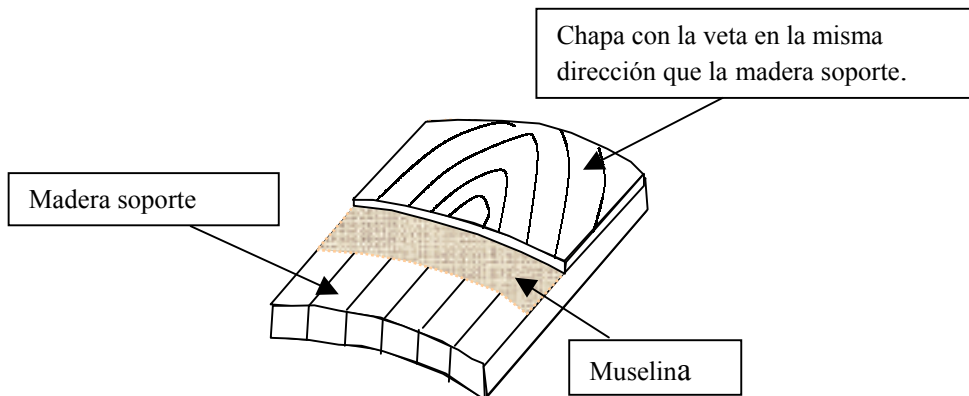
Deben seguirse estos consejos sobre todo en los tableros que hayan de permanecer planos, ahora bien, la única posibilidad de asegurar esto es chapearlos por ambas caras.

<sup>577</sup> Nos referimos, evidentemente, al rechapado con colas animales. Cuando se trate de encolar con adhesivos sintéticos, deberán seguirse las instrucciones indicadas por el fabricante.

Chapa colocada en la cara más alejada del corazón. Esto acentúa la deformación de la tabla.



Para chapear paneles curvos formados por listones (enlistonados) y evitar que se hagan evidentes las líneas de junta es conveniente colocar muselina entre la madera y la chapa (algo parecido a lo que hacemos con el entelado total de un tablero). A veces este tipo de aplicaciones puede no resultar totalmente satisfactorias y sea preferible encolar previamente la tela a un sustrato inferior y luego volver a aplicarle cola para que la chapa se encole adecuadamente.



- **A cara y cara.**

Es el método idóneo de chapear dado que cuando se seca la cola de la chapa tiende a tirar del tablero y producirle una curvatura, por eso es preferible chapear por las dos caras y así se disminuye o elimina el tiro

Si vamos a realizar un chapeado sencillo (una sola chapa con la veta en la misma dirección que la madera soporte) debemos utilizar el mismo tipo de madera y de cortes idénticos (si se chapea una cara con chapa de cuchilla, la otra deberá tener también chapa de cuchilla, del mismo grosor y cortada del mismo sitio y de la misma especie):

Para hacerse cargo de las tensiones que pueden esperarse en los chapeados hay que considerar la contracción y la densidad de las maderas: Se contraen fuertemente: el abedul, el nogal, el haya y el roble. Escasa contracción: el gabún, el pino y el álamo. Exigen forros o revestimientos inferiores compactos de albura de nogal o arce: los chapeados de caoba, macasar, bubinga y otros, quebradizos y fácilmente agrietables<sup>578</sup>.



Este tipo de corte es idóneo, ya que ofrece una base regular, uniforme y de tiros equilibrados. Es perfecta para chapear a cara v cara.



Esta otra base alistónada alterna la cara de corazón arriba y abajo, pero aún siendo buen soporte, la distribución de los anillos no es la mejor.

#### - Tipos más comunes de chapas decorativas.

En el uso decorativo es de vital importancia el aspecto estético de la chapa. El dibujo de las mismas viene determinado por las características de la especie de madera que se utilice, de la parte que se utilice, de la manera de cortarla en chapas, etc.

La mayor parte de las chapas se obtienen del fuste del árbol que proporciona las chapas más largas y por lo general con un veteado más ancho.

Y se suelen obtener, como ya hemos visto, por diversos métodos de corte, lo que ya nos da un aspecto diferente, pero dentro de alguno de ellos, la orientación en el corte (tangencial, radial) hace que su aspecto vuelva a ser diferente y con características diferentes.

Pero también podemos conseguir chapas con dibujos, aguas o veteados de distintas partes, dando un aspecto, a veces muy interesante. A parte del fuste, se pueden obtener también de la horquilla, del raigal, de protuberancias, etc.

<sup>578</sup> Fritz Spanngel, , op. cit., pág.72.



Las más habituales son:

Chapa de raíz: Ya conocida desde tiempos de Plinio: «(..) La madera de raíz de ciertas especies se empleaba con mucha frecuencia».<sup>579</sup>

Como su nombre indica se obtiene del raigal o del tocón, de determinados árboles. Son inconfundibles porque el dibujo que ofrecen es producto de la zona tan heterogénea y retorcida de la que se extrae. Según Jackson, son chapas que se suelen obtener por desenrolle posterior<sup>580</sup>. A veces reciben también el nombre de “chapas sinuosas”. Ejemplo típico de ellas es la chapa de raíz de nogal negro americano, también llamado nogal de raíz que se obtiene a partir de tocones muy achaparrados, es decir, tocones bajos y muy extendidos.

Chapa de veteado ondulado: sicomoro en dorso de violín.

Chapa de horquilla (crotch), de horcajo, de horcadura o sinuosa: Estas chapas se obtienen de las zonas en las que las ramas gruesas se unen al tronco. Interesan porque suelen presentar unas bellas ondulaciones sobre todo cuando se corta la horquilla en sentido longitudinal. Es típica la horquilla de caoba.

Chapa de veteado caprichoso, veteado acolchado, verruguilla: Se produce en troncos, normalmente correspondientes a especies de maderas duras con crecimiento irregular o con grano también irregular. Se obtienen por desenrolle. Ej.: Chapa de abedul, ojo de perdiz de arce y sauce acolchado.



Thuya de Sawira

Chapa de veteado radial: Se produce

<sup>579</sup> Cayo Segundo Plinio, *historia Natural*, Libro XVI.

<sup>580</sup> Albert Jackson et al, op. cit., pág. 32.

al cortar de forma radial rollizos cortados al cuarto. Si la madera posee radios medulares muy evidentes, se potencian mucho con un corte así. Ej.: Arce y roble.

Chapa de franjas: Se producen también por cortes radiales. Como su nombre indica, producen un efecto de franjas cuando el corte es perpendicular a los anillos de crecimiento. Ej. Chapa de zebrano y chapa de movingui.

Chapa de corteza leñosa o chapas de un nudo: Se obtienen de protuberancias irregulares o excrecencias leñosas que se producen en los troncos de algunos árboles, por crecimientos anormales de la corteza o nudos. Se forman pequeños moteados. Suele ser la chapa más cara por lo escasas que son, lo irregulares, su pequeño (tamaño en relación con las obtenidas del fuste y otras partes) y su corte más problemático. Generalmente se obtienen de especies como el arce, roble, fresno, nogal, cerezo, tilo, abedul, olmo, aliso etc.

- **Otros tipos.**

Aparecen mediante la manipulación de las chapas por medio de químicos, durante el vaporizado, por medio de colorantes, por el encolado de distintos tipos de chapas, etc.

Chapas teñidas o coloreadas: se pueden teñir por medio de colorantes tintóreos, introducidos a presión, o baños colorantes hasta que el tronco esté totalmente impregnado y antes de que el tronco sea cortado en chapas. Se suelen emplear en maderas de colores claros porque es más fácil su tinción. También pueden ser coloreadas por la acción de productos químicos que transforman su color original: « El llamado "harewood" es un sicomoro al que se le ha aplicado un tratamiento químico y que se vuelve de tonalidad gris plata a gris oscuro»<sup>581</sup>.

Se puede oscurecer la madera ennegreciéndola con una plancha caliente, sopletes, etc.

---

<sup>581</sup> Albert Jackson et al, op. cit., pág. 32.

Finelina: Es el nombre que se le daba comercialmente a una chapa que se obtenía del resultado de encolar entre sí una gran cantidad de chapas. Una vez prensadas y secas se procede a su corte longitudinalmente ofreciendo un veteado rectilíneo y paralelo. Si se alternan chapas claras y oscuras, ofrece un aspecto rayado. También se hacen evidentes las líneas de encolado. Teóricamente hablando sería una buena superficie para aplicar aparejos dado lo homogéneo de su superficie, pero quizá no sea tan interesante el que haya tantas líneas de cola como de chapas, aunque no tan gruesas.

Otras chapas se emplean para incrustación decorativa o taracea por razón de su color, entre otras cosas:

Chapas que poseen matices claros: boj y bonetero.

Con matices oscuros: ébano y nogal.

Con matices amarillentos y rojizos: acacia y palisandro.



Palisandro de la India



Acacia

Otras chapas de: Fresno, roble, macoré, alerce, wengé, arce, teca, pino, ébano, limba, Caoba piramidal, roble espejuelo (por medio de una técnica especial se consigue poner en evidencia los rayos medulares), arce de espejuelo (igual que en el roble, también se pueden observar fácilmente los espejuelos), pino cembro, doradillo, olivo.<sup>582</sup>

Otras denominaciones utilizadas: lisas, peinadas, estriadas, flamígeras, averrugadas.

Ahora pueden comprarse las chapas con una preparación adhesiva que permite el encolado por medio de una plancha. Dicho adhesivo es una resina sintética termoplástica que funde a menos de 80° C.

---

<sup>582</sup> “Los olivos aprovechan como ningún árbol el fondo de huesos que hay en la tierra”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 152).

- **Finalidad técnica (estructural).**

En este punto vamos facilitar una serie de definiciones sobre las funciones técnicas que pueden ocupar las chapas según cual sea su misión. En capítulos posteriores se profundizará más en estos aspectos ya que, dada su importancia como soporte, al estudio de los mismos se reservará su capítulo correspondiente.

Algo se apuntaba ya cuando hablábamos del chapeado simple y del chapeado a cara y cara, sobre la función desempeñada por las chapas. Buena parte de esta función va a venir determinada por el grosor, ubicación, orientación, calidad, etc.

- **Chapas de aplacar.**

Se trata de chapas que suelen tener espesores mayores que las chapas de revestir o rechapar. Su grosor suele oscilar entre 2 y 3,5 mm dependiendo del tablero soporte, pero de ninguna manera se trata de finas y débiles chapas. Suelen orientarse con sus fibras formando ángulo recto, normalmente, o en otras disposiciones como veremos en su capítulo correspondiente.

Habitualmente se emplean en la fabricación de tableros.

En el caso de los tableros de alma enlistonada, el fin técnico para el que están previstas puede desdoblarse en técnico y estético a la vez, ya que va a constituir una cara visible.

En estos tableros el tablero soporte no es una chapa, como ya sabemos, sino que suele ser un tablero que está cubierto por sus dos caras con chapas del mismo espesor, encoladas a él, y que están dispuestas de forma perpendicular a la dirección de las fibras del tablero soporte.

La función es la misma en el caso de los tableros aglomerados revestidos, puesto que, además de un soporte estético, incrementan la resistencia a la flexión del tablero sobre el que están encolados, con lo cual

aseguran un poco más la estabilidad de aparejos y capas pictóricas aplicados sobre estos tableros<sup>583</sup>.

La fabricación de tableros de madera terciada es otra cosa. Aquí el tablero soporte es otra chapa grosor igual o diferente al de las otras chapas, y las chapas de aplacar se colocan superponiéndose a ésta y formando ángulos de 45° o de 90°.

Como suelen estar formados por un número impar de chapas, las externas suelen tener sus fibras paralelas a la chapa soporte.

Para dar mayor estabilidad al conjunto, lo más adecuado es contrachapear siempre la base estructural por ambas caras.

Suelen tener un espesor de 1,2 hasta 3,6 mm<sup>584</sup>.

También se emplean en la fabricación de tableros de madera microlaminada (LVL), tableros laminados o a la veta, etc.

#### - **Chapas de compensar.**

Su finalidad consiste en evitar el pandeo, alabeo, etc. de un tablero que sólo se aplacase por una cara.

En principio, el aspecto de la chapa de compensación sería indiferente dado que habitualmente queda oculta, pero es absolutamente necesario que tenga un grosor similar y sus fibras en la misma dirección que la chapa que deba compensar.

Esta chapa es fundamental en el rechapado a cara y cara, en los aglomerados revestidos, en los contrachapados, etc. dado que así evitamos deformaciones del soporte producidas por distintas tracciones; de esta manera cada rechapado debe ser siempre transversal al anterior. Esto no

---

<sup>583</sup> Ahora los tableros chapados se fabrican en serie en prensas múltiples en las que sustancias termoadhesivas se solidifican rápidamente mediante aplicación de calor y presión. Antiguamente se usaban prensas manuales de tornillo, ahora se usan sólo para chapar piezas pequeñas y en trabajos de artesanía.

<sup>584</sup> Este espesor va referido a las chapas de los tableros de madera terciada en general.

ocurre así cuando la chapa se encola sobre madera maciza, en este caso sigue el sentido del veteado de la tabla soporte.

#### - Chapas de soporte

También denominadas: **contrachapas, chapas de refuerzo, chapas de soportar.**

No se den confundir con los tableros soporte, ni con las chapas de compensar.

Estas chapas se suelen utilizar para evitar que ciertas chapas de gran calidad y delicadeza se puedan agrietar. Sirven como capa intermedia entre el tablero soporte y la chapa de revestimiento. Se suele utilizar cuando se reviste con caoba piramidal.

Su disposición suele ser perpendicular o a 45° respecto de la chapa que soportan y su grosor no suele llegar al milímetro.

#### **3.3.4 Manipulaciones y dimensionado.**

Los rollizos o trozas necesarios, se suelen cortar del fuste, del espacio comprendido entre el raigal y las primeras ramas, para que la chapa sea lo más homogénea posible.

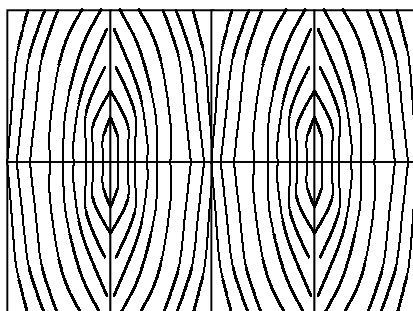
Se descorteza y comienza el proceso de despiezo.

Durante el corte de las chapas (las de cuchilla y las de sierra principalmente) se debe observar un orden cronológico y apilar las chapas según vayan saliendo, para que sus dibujos coincidan entre sí (se forman chapas compuestas). Esto debe tenerse muy en cuenta sobre todo con los que vayan destinados a la decoración, apilándose en grupos de cuatro chapas y organizando paquetes de 16, 24, 28 ó 32 láminas, guardando orden consecutivo<sup>585</sup>. Fueron los romanos los que idearon el arte de emparejar las chapas para obtener efectos decorativos.

---

<sup>585</sup> «Las composiciones de chapas posibles son muchas: en libro (cara de dos piezas, emparejada por el centro o emparejamiento de libro), diamante, aspa, oleaje, caja, contracaja, tablero de ajedrez y centro» (*Montes*, año XIV, nº 81, Mayo-Junio, 1958, Montes, Madrid, pág. 206. Otras denominaciones: cara de una pieza (una sola hoja sin emparejar), juntas equilibradas (al unirse forman dibujos simétricos), juntas al azar, caras seleccionadas por el color, albura sin defectos (se permite

Antes de su clasificación se secan.



En el capítulo destinado a la madera terciada se hablará más detenidamente de las calidades que se pueden obtener del corte de chapas, ahora nos basta con saber que a las chapas de mejor calidad se las denomina “chapas de cara” y a las que presentan, más defectos, como nudos, etc. se las denomina “chapas de cruz”; también recibe este nombre la cara que sufre los desgarros al ser cortada.

Las chapas finas pueden cortarse, una a una, con un bisturí, que se debe afilar cada pocos cortes, o cambiar de cuchilla. No es tan sencillo cortar varias a la vez, aunque sean delgadas. Las chapas deben tener un estado higrométrico idóneo, ya que las muy secas se vuelven frágiles y se rompen al cortarlas, y si están muy húmedas afectarán posteriormente al corte, comportándose como madera húmeda que es.

Si el corte va a ser transversal, es preferible utilizar sierras a las cuchillas. Y si va a ser longitudinalmente, es preferible la cizalla o guillotina (máquina que tiene una cuchilla que corta las chapas por medio de un movimiento de vaivén):

Para las fuerzas que intervienen en el proceso de corte con cizalla, es decisiva la resistencia del material al cizallamiento. Las fuerzas de cortadura no se hallan en un mismo plano y forman un par, por lo que originan esfuerzos adicionales de flexión. Condiciones: poco consumo de fuerza, largo tiempo de permanencia de los filos de las herramientas y corte liso y sin rebaba.

---

albura en la cara) (A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959., pág. 166. ) Con posterioridad a estos autores puede consultarse la norma UNE 56701-2:1969. *Chapas compuestas de madera*, en la que se comentan las composiciones que pueden hacerse con las chapas con fines decorativo principalmente, ya que se crean líneas de cola, no siendo muy fiable su inclusión dentro de nuestros soportes. Algunas otras posibilidades son: en vaguada y en dientes.

El corte con cizalla sólo se practica con las chapas de madera, generalmente apiladas. Como los chapeados se encolan al tope, se necesitan superficies de corte limpias y a escuadra. La pila de chapas (hasta de 100 mm) está comprimida durante el cizallado por una viga de presión para evitar el astillado de los bordes. El movimiento de corte (por cigüeñal) lo recibe la cuchilla, que baja, o la mesa de la cizalla con la contracuchilla, que sube<sup>586</sup>.

Cuando se necesitan chapas más anchas se recurre a su “cosido” mediante una máquina específica o máquina de juntar chapas. Para ello recortan los cantos de ambas chapas (para que la unión sea perfecta, dado que más adelante con ellas se chapeará algún tablero y si la unión no es perfecta, esto se notará a la par que puede traer problemas con aparejos y entelados) y los encolan lateralmente mientras un secador acelera el proceso. Según Spanngel: «Estas máquinas pueden encolar chapas de hasta 0,3 mm de espesor, pero existen otras capaces de encolar chapas de 2 mm ó más. Las débiles se trabajan con la llamada máquina “Taping” en la que se aparejan dos chapas y se unen mediante unas tiras de papel engomado»<sup>587</sup>.

<b>Grososres frecuentes de chapas en general</b>													
<b>Pulgadas</b>	1/110"	1/100	1/64"	1/40"	1/32"	1/ 28"	1/20"	1/16"	1/10"	1/8"	1/7"	1/4"	3/8"
<b>Milímetros</b>	0,23	0,25	0,4	0'63	0,79	0,9	1,27	1,59	2,54	3,1	3,63	6,35	9,53

Si la unión de las chapas la vamos a hacer nosotros nos encontramos con las uniones de costado: la unión es paralela a las fibras. O la unión a tope: en la que la línea de encolado es perpendicular a las fibras.

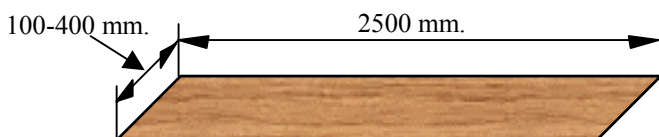
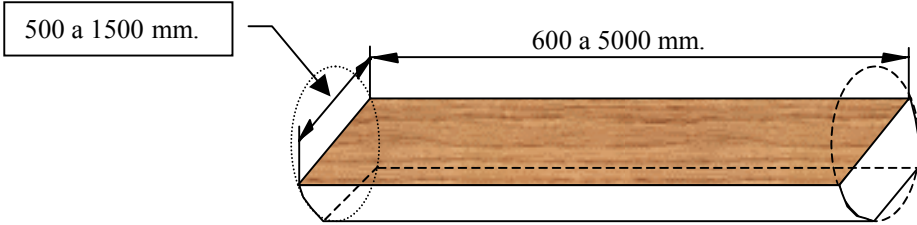
Se pueden comprar las chapas sueltas o en paquetes. Generalmente las láminas enteras se venden por metros cuadrados, aunque a veces se venden con medidas normalizadas.

<sup>586</sup> G. Pahlitzsch, “Trabajo de la madera sin sacar viruta”, *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978.pág. 483.

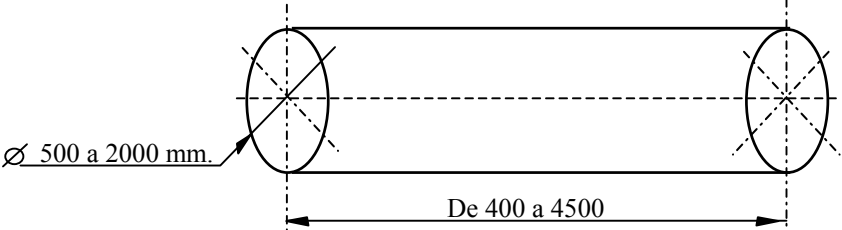
<sup>587</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 60.



Las chapas se deben guardar en posición horizontal, protegidas del polvo y de la luz, dado que hay chapas que se decoloran con la misma<sup>588</sup>.

Chapas de cuchilla									
Dimensiones corrientes	Grososres frecuentes (mm)	0,1	0,23	0,25	0,63	0,9	1,27	2,5	10
	Anchura (cm)	De 10 a 40							
	Longitud (m)	2,5							
									
Dimensiones máximas a las que pueden llegar	Anchura (cm) (Longitud de corte o ancho de la madera)	De 50 a 150							
	Longitud (m) (Anchura de corte o largo de la madera)	De 0,6 a 5							
									

<sup>588</sup> Esto ocurre con la asamela o afrormorsia, que expuesta a la luz solar cambia de tonalidad al perder su color. Con el ramín ocurre algo similar pues se suele tratar con antiazulado al aserrar las piezas, pues esta madera, recién cortada, suele azularse. El wengé al contacto con el aire acaba ennegreciendo. El castaño europeo reacciona con los metales que contienen hierro. El cedro rojo o árbol de la vida, cambia su color pardo rojizo por uno plateado cuando es expuesto a la intemperie. Esto puede constatarse en numerosas edificaciones de la zona del Pacífico norteamericana, pues se ha utilizado para exteriores, tanto para tejados como revestimientos. El cocobolo, se vuelve de color rojo anaranjado al estar expuesto a la intemperie. El palo rosa se transforma en marrón brillante debido a la oxidación.

Chapas desenrolladas			
Dimensiones corrientes	De las trozas	Diámetro de las trozas (m)	Desde 0,5 hasta 2
		Longitud posible de las piezas (m)	Desde 0,4 hasta 4,5
			
	De las chapas	Grosos frecuentes <sup>589</sup> (mm)	Similares a los de Cuchilla: De 0,1 a 10.
		Anchura (cm)	La misma que la longitud de la troza. También viene determinada por la longitud admitida por el torno de desenrollo.
		Longitud posible de las piezas (m)	Casi ilimitada al obtenerse una chapa continua.

Chapas de sierra								
Dimensiones corrientes	Grosos	Grosos habituales (mm)	0,5	0,79	1	4	5	6,35
		Grosos bastante frecuentes (mm)	1,1		1,27		1,6	
		En chapas de coníferas (pino, alerce y abeto rojo)	Desde 1,5 mm					
		En frondosas (roble, nogal, palo santo y macasar)	A partir de 1 mm					
	Anchura (cm)		La de la troza					
	Longitud (m)		La de la troza					

<sup>589</sup> Estos grosos varían con el paso del tiempo y con los países que las fabrican. Por ejemplo: Grosos de las chapas de rotación en EE.UU. hacia 1959: 1/7" (3,63 mm), 1/8" (3,18 mm), 1/10" (2,54 mm), 1/16" (1,59 mm), 1/20" (1,27 mm.) «Durante la II Guerra Mundial las chapas de rotación de caoba de 1/64" de grosor (0,4 mm), se emplearon en la manufactura de cubiertas de alas de avión. » (A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 158.)

### 3.3.5 Especies apropiadas y/o más usuales.<sup>590</sup>

Como veremos a continuación, se pueden obtener chapas de gran cantidad de especies. Los usos a que vayan destinadas estas chapas determinarán las especies a utilizar en cada caso. Es evidente que si necesitamos chapa de desenrollo para fabricar un tablero contrachapado no utilizaremos especies de troncos revirados, de pequeño tamaño, de los que no pueda desenrollar, que se decoloren fácilmente, etc. Si vamos a utilizar chapas para ebanistería no elegiremos especies con gran cantidad de nudos muertos, excesivamente resinosas o con aspecto poco estético, o chapas excesivamente finas que evidencien la madera soporte o que dejen pasar la cola a la superficie. Si vamos a utilizarla con fines estructurales es evidente que no elegiremos maderas que sufran grandes deformaciones por cambios higrométricos, que no aguanten el ataque fúngico, que sean las especies preferidas de ciertos xilófagos, etc.:

(...) La homogeneidad de la estructura de la madera de coníferas permite trabajarlas con más facilidad. (...) En cuanto a la madera de frondosas, la distribución y diámetro de los vasos es muy importante para realizar una operación de desenrollo adecuado. Las maderas de anillo poroso representan una diferencia marcada entre la madera de primavera y verano, ofreciendo distinta resistencia al corte. Por el contrario, la homogeneidad de las maderas de anillo difuso proporciona desenrollos de calidad.<sup>591</sup>

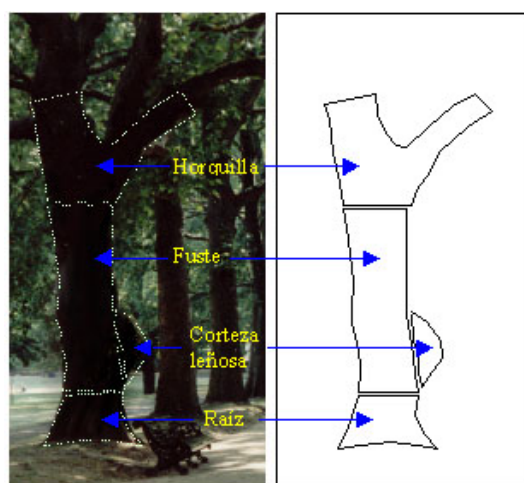
No es nuestro propósito hacer en este apartado un exhaustivo estudio de cada especie, para ello se pueden consultar extensas monografías existentes; nuestro propósito es hacer una pequeña recopilación de las especies más aconsejadas, las más utilizadas y quizá algunas de las más fáciles de encontrar en nuestros proveedores (aunque a veces, económicamente, estén fuera de nuestro alcance).

---

<sup>590</sup> Si se desea una información detallada sobre las especies más aptas para el desenrollo (tanto frondosas como coníferas), sobre su densidad, secado su aptitud para encolarse con las colas de urea y fenol formaldehído y las presiones requeridas para la fabricación de tableros, puede consultarse la tabla 2.3. de la CTB ofrecida por Luis García Esteban et. al., en *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, págs. 75-78.

<sup>591</sup> Idem, pág. 87.

Hemos hecho una clasificación en función del uso que se les vaya a dar, si va a ser un uso decorativo o técnico (estructural)<sup>592</sup>.



Aprovechamiento del árbol en la consecución de las chapas.

#### 3.3.5.1 Finalidad decorativa.

Normalmente engloba las actividades de revestimiento o rechapado y taracea o marquetería. Se utilizan chapas de fantasía para superficies. Se seleccionan con cuidado los troncos, tocones horquillas, etc.

En el mercado suelen encontrarse unos ochenta tipos diferentes.

Se obtienen por aserrado y rebanado principalmente.

**Abedul:** La albura es casi blanca y el duramen pardusco. Es cortado excéntricamente y en chapas de cuchilla. La “chapa de friso” (se obtiene de ambos lados del corazón) genera por emparejamiento el efecto de flameado.

**Abeto blanco:** Utilizado para el chapeado de muebles.

**Acacia negra australiana:** Marrón chocolate. Chapas decorativas.

**Acebo:** Para taracea.

**Afo:** Fácil de desenrollar. Chapados.

<sup>592</sup> Hay especies que comparten ambas posibilidades, es decir, cumplen o pueden cumplir requisitos estructurales como chapas de aplacar, compensar o de soporte pero que estéticamente son muy apropiadas para la ebanistería, taraceado o incrustación, etc., o que teniendo un uso predominante en la decoración de muebles, poseen unas propiedades físicas que las hacen apropiadas para usos estructurales.

**Afrormosia / Asamela / Iroko:** De color amarillo verdoso a pardo. Chapados.

**Akom:** Fácil de desenrollar. Chapados.

**Álamo amarillo:** Chapas para muebles.

**Alcanforero:** Se presenta en forma de chapas utilizadas en marquetería y taraceado.

**Alerce:** Albura clara y duramen pardo rojizo. Para chapa en gruesos de 1-2 mm en corte de cuchilla.

**Amarante:** De color violeta claro. Chapas para taraceado. Poco como chapa decorativa.

**Ambonia:** Se vende en forma de bulbos y de ellos se obtiene una chapa peculiar que se llama: verruguilla ambonia. Muebles chapados.

**Amourette:** Como chapas aserradas.

**Aningeria:** Contenido silíceo bajo pero suficientemente abrasivo para herramientas cortantes hizo que se utilizara casi siempre en forma de chapas. Como tiene una textura uniforme, permite ser cortada en chapas de hasta 0,6 mm<sup>593</sup>.

**Árbol de la vida oriental / Cedro rojo (del Pacífico):** Pardo rojizo. De su raíz se obtienen las chapas de thuya (Thuya plicata) tan apreciadas.

**Arce de azúcar:** La albura blanca y el duramen pardo. De él también se obtiene el “ojo de pájaro”<sup>594</sup>, chapa destinada a interiores.

**Arce rojo:** Rosa pálido. Chapas.

**Arce:** Chapas tan flexibles como el cuero. Es posible su obtención en frío sin vaporizar para mantener el color blanquecino. Chapas delicadísimas que pueden ser cortadas a Cuchilla. De 0,8



Arce

<sup>593</sup> El contenido en sílice hace muy difícil el trabajo de la madera por medio de sierras u otros elementos cortantes porque embota, o hace romos, los filos de dichas herramientas, por eso es más apropiada la obtención de la chapa por desenrolle.

<sup>594</sup> Birds-eyes-maple, Curled-maple.

mm. Se utiliza el corte excéntrico para obtener otros veteados. Muy apreciado es el “ojo de pájaro” (secciones transversales de los rayos medulares); el “arce rayado” (secciones longitudinales de los rayos medulares); El “arce mosqueado” (de la raíz y de los horcajos).



Bubinga

**Avodiré:** Chapa de sierra para muebles, porque los troncos suelen estar revirados.

**Ayap:** De color rosado oscuro Chapas.

**Black bean/Castaño negro:** Marrón brillante veteado. Da chapas de calidad cuya superficie ligeramente grasienta dificulta el encolado. Madera australiana muy bella usada para revestimientos y taraceado.



Caoba

**Bokapi:** De color rojo amarillento. Chapados.

**Bossé/cedrela:** Chapeado de ebanistería (chapa de cuchilla o desenrollada).



Caoba rubia

**Bubinga:** De color pardo rojizo y veteado púrpura. Se utiliza en forma de chapas para motivos decorativos y para el taraceado.



Castaño

**Calabó:** Chapado.

**Caoba africana**<sup>595</sup>.. Chapas decorativas.

**Caoba americana:** De color rojo oscuro a rosa salmón. Chapas.

**Castaño de Indias:** De su raíz se obtiene chapa de verruguilla.

**Castaño negro:** Chapas.

<sup>595</sup> La palabra “mahagoni” (caoba) es de origen indio.

**Castaño:** Chapas decorativas cuando el tronco lo permite. Chapas de cuchilla para muebles.

**Cedro de Puerto Oxford:** Chapas obtenidas corte rotatorio, aserrando o cortando.



Cedro del Líbano

**Cedro:** Puede ser exfoliado y utilizado en forma de chapas, dando como resultado hermosas superficies ornamentales. Fácil de desenrollar.

**Cerezo silvestre:** Chapeado de muebles. Conviene cortarlo a 0,8 mm ya que con chapas de 0,6 acaba transparentándose la madera soporte. Para acabados de calidad interesa la chapa de sierra.



Cerezo

**Chopo del Canadá o de Virginia:** Fabricación de chapa desenrollada. También chapas de Cuchilla.



Cerezo americano

**Chopo / álamo negro:** El dibujo de su chapa se debe a los grandes nudos y excrecencias que salen fuera del tronco.

La chapa nudosa de ojuelos es muy característica. Se obtiene un veteado con la denominación de verruguilla “Mapa”.

**Ciprés de Nootka:** Chapas.

**Ciprés calvo:** De su tocón se obtiene una chapa conocida como “faux satiné”.

**Ciruelo:** Chapa aserrada de 1 mm pues si se vaporiza por desenrollo pierde su color natural.



Ébano

**Cocobolo:** De la púrpura al amarillo. Chapas.

**Curbaril:** Chapas.



**Ébano:** Va del color marrón oscuro al negro. Chapas de Cuchilla y de sierra.

**Elon:** Chapados.

**Endiandra australiana:** Resulta abrasiva ya que contiene sílice. Puede ser exfoliado dando chapas de buena calidad para ebanistería.



Etimoe

**Espinillo:** Chapas en marquetería y taraceado.

**Etimoe:** Chapas. Especie africana.

**Eucalipto:** Chapas.



Eucalipto

**Freijo:** Chapas decorativas.

**Fresno común:** Color blanquecino pajizo. Chapas.

**Fresno oleáceo:** Cuando el duramen tiene un color más oscuro que el fresno común. Chapas de cuchilla y desenrolladas (veteado recto y crestado). Grosos de 0,8 mm. En revestimiento de muebles se usa el desenrollado excéntrico. Esta chapa es frágil, cuarteada y difícil de trabajar.



Fresno de olivar

**Gonçalo Alves:** Pardo rojizo con bandas oscuras. Chapas decorativas fuera de América.



Fresno

**Iroko (teka africana):** Chapas.

**Katsura:** Puede ser exfoliada dando chapas de calidad y presenta una superficie decorativa.

**Laburno:** Es cortada en forma de chapas para trabajos de incrustación.



Iroko



**Lauan rojo:** Chapas.

**Laurel indico:** En forma de chapas para revestimientos decorativos.

**Limba/Afara:** Se exfolia para la obtención de chapas de buena calidad. Obtención de chapas decorativas, revestimientos y taraceado.

**Limoncillo/Olong:** Del amarillo al verde limón. Fácil de desenrollar. Chapados.

**Magnolia:** Obtención de chapas y forros para muebles.

**Mengkulang:** Difícil de serrar y procesar porque contiene sílice. Puede ser cortada para la obtención de decorativas planchas. Debido a su carácter abrasivo, frecuentemente es exfoliada rotatoriamente.

**Meranti amarillo:** Se puede exfoliar rotatoriamente dando excelentes chapas.



Mukally

**Meranti rojo claro:** Rosa pardo con vetas. Se puede exfoliar rotatoriamente dando excelentes chapas.

**Movingui:** También se puede encontrar en chapas.

**Mukally:** Chapas.

**Muninga:** En forma de chapa para revestimientos de muebles.

**Nogal africano:** Chapas para revestimientos de grandes superficies.

**Nogal blanco americano:** Chapas.

**Nogal de Australia:** Marrón. Chapas.

**Nogal europeo:** Pardo grisáceo con vetas oscuras. Utilizado principalmente en forma de chapas para la fabricación de muebles, dada su escasez. El veteado más interesante procede de la raíz, por eso no se tala, sino que se arranca de cuajo con sus raíces.



Nogal

**Nogal negro americano:** Del marrón oscuro al negro rojizo. Chapas.

**Olivo:** Chapas.

**Olmo:** Chapas. Su grosor suele ser de 0,8 mm. Es una chapa frágil. Se obtiene también una bonita verruguilla. Chapas por corte excéntrico.



Olivo

**Ovangkol:** De reciente introducción en el mercado, principalmente en forma de chapas.

**Paduk/Coral:** Chapa de cuchilla.

**Paldao:** Para la obtención de chapas puede ser cortada o exfoliada.



Olmo

**Palisandro:** De color rojo violáceo. Permite la obtención de chapas de calidad. (Tanto el palisandro de río como el de la India).



Palo Santo

**Palo de Brasil:** Rojo anaranjado y pardo rojizo veteado. Chapas.

**Palo de hierro/Akoga:** Rojo violáceo oscuro. Chapados.

**Palo rosa:** Púrpura. Chapas.

**Palo Santo:** Chapas.

**Palo violeta:** Madera de Brasil. Chapas.



Palo violeta

**Panga Panga/Wengué:** pueden ser cortadas para obtener chapas, pero pocas veces son exfoliadas rotatoriamente.

**Peral:** Taraceado o marquetería y chapado de muebles. No se presta para el desenrollado por ser muy quebradizo. Las de Cuchilla suelen tener un grosor de 0,8 a 1 mm. Los trabajos de calidad requieren chapas de sierra de 1 mm por lo menos.

**Plátano/Sicomoro:** Blanco amarillento y amarillo. Chapas para revestimientos o taraceado. Sus chapas deben ser gruesas ya que dejan pasar la cola. También hay chapa de verruguilla de plátano.

**Pterygota:** Es exfoliada obteniéndose chapas muy decorativas. Es una madera blanca propensa a teñirse de azul o de gris si no es secada y trabajada tan pronto como es extraída. En forma de chapas.



Raíz de chopo mapa

**Raíz de chopo mapa:** Chapas.

**Raíz de fresno:**  
Chapas.

**Raíz de roble:**  
Chapas.

**Raíz de Thuya:**  
Chapas.



Raíz de fresno

**Ramín:** Va del blanco al amarillo pajizo (gamuza). Chapas.

**Rimu:** Chapas.

**Roble blanco americano:** Marrón claro. Puede ser cortado tangencial o rotatoriamente. Revestimientos.

**Roble sedoso:** Es exfoliada y cortada para obtener chapas decorativas. Fuera de Australia es utilizada en chapas.



Raíz de roble

**Roble europeo:** Marrón pálido. Chapas. Suele ser chapa de cuchilla y no desenrollada. Para los muebles se emplean chapas de cuchilla de 0,6 a 1 mm, reservándose las más gruesas para trabajos de calidad. A partir de 1,5 mm es más conveniente obtener la chapa por aserrado.

**Samanguila:** Rosado pálido. Chapados.

**Sapelli:** De color rosa-rojizo. Cortada al cuarto en forma de chapas decorativas. Material excelente para chapeados.

**Satén:** Puede ser exfoliada en chapas de buena calidad. Chapas aserradas al cuarto. Ebanistería.

**Sen:** Chapas.

**Seraya blanca:** Se la puede exfoliar rotatoriamente dando chapas de buena calidad.



Raíz de Thuya

**Sipo:** Color rosa-rojo. Chapas.

**Tchitola:** Puede ser cortada y exfoliada dando chapa de calidad.

**Teca:** En forma de chapas.

**Tejo:** Es cortada para la obtención de chapas para revestimientos.

**Thuya de Sawira:** Marruecos. Chapas.

**Tulipanero/Tulipia:** Amarillo rosáceo. Se corta bien, dando chapas muy decorativas. Taraceado y marquetería del XVIII. Chapa desenrollada. De las partes bulbosas y con excrecencias se obtiene una verruguilla conocida como “Canary wood”.



Sapelli

**Tupelo:** A menudo se exfolia rotatoriamente para la obtención de chapas.



Tejo europeo

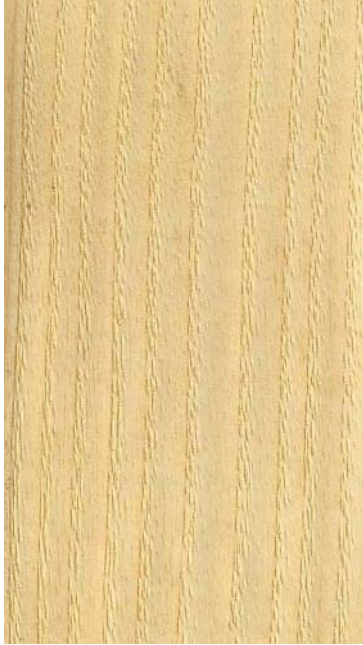
**Ukola:** De rosa pálido a rojo. Chapas.

**Zapatero:** Ocasionalmente es cortado para la obtención de chapas ordinarias destinadas a trabajos de incrustación.

**Zebrano:** Se corta y exfolia bien dando chapas buenas, aunque algo frágiles. Se utiliza en forma de chapas cortadas para el taraceado ornamental de muebles y revestimientos.



**Chapas de Frondosas norteamericanas de**  
**American Hardwood Export Council**



Ash (fresno)



Cherry (cerezo)



Maple (arce)



Red Oak (roble rojo)



White Oak (roble blanco)



Sassafras (Sasafrás)



Tulipwood (tulipero,  
tulipanero)



Walnut (nogal)

## **Chapas de Wescor Forest Products**



Ash (fresno)



Black walnut  
(nogal negro)



Cherry (cerezo)



Raíz de nogal



Red oak  
(roble rojo)



White oak  
Roble blanco



### 3.3.5.2 Finalidad técnica.

Engloba las chapas destinadas a aplacar, a compensar o como chapa soporte en la construcción de tableros. También se les denominan “chapas comerciales”.<sup>596</sup>

Se obtienen por desenrollo.

**Abe:** Fácil de desenrollar. Se parece al ocumé. Tableros contrachapados.

**Abedul:** Puede ser exfoliado rotatoriamente y proporciona troncos de calidad superior para las industrias del contrachapado de Finlandia y Rusia. Es más frecuente como chapa que madera maciza. Sus propiedades mecánicas hacen que sea una excelente madera para el contrachapado estructural. También puede ser cortado excéntricamente y en chapas de Cuchilla.

**Abeto blanco:** Madera soporte de contraplacados. Sirvió como capa intermedia de tableros finos, reemplazando al ocumé y al gabún cuando escasearon.

**Abeto de Douglas:** Es a madera más importante por el contrachapado destinado a fines estructurales de grosor 4-12 mm.

**Álamo:** Es exfoliada dando buenas chapas. La chapa de madera de álamo es utilizada para madera contrachapada de uso general. Chapas de Cuchilla y en la fabricación de tableros se obtiene por desenrollo.

**Alerce:** Para chapa en gruesos de 1-2 mm en corte de Cuchilla. No es costumbre fabricar contrachapados en alerce. El alerce del Canadá se conoce como pino Oregón y hasta 1939 gozaron de mucha fama los contraplacados de oregón de 4-12 mm.



Pino melis

**Aliso blanco:** Contrachapado. Chapas de soporte de contrachapados.

---

<sup>596</sup> En la realidad este término puede englobar tanto a las decorativas como a las técnicas.

**Aliso negro:** Contrachapado.

**Aliso rojo americano:** Contrachapados.

**Aliso:** Puede aserrarse rotatoriamente dando chapas. Es adecuada para el contrachapado de uso general. Se emplea en Rusia como complemento de sus reservas de abedul.

**Arce rojo:** Contrachapados.

**Balsa:** Utilizada en los paneles de separación y en los suelos de los aviones, formando un núcleo de las tablas chapadas de metal.

**Bokapi:** Hoja para aplacar.

**Calabó:** Contrachapado.

**Caoba africana:** Construcción de embarcaciones. Como madera contrachapada es utilizada para todo tipo de menesteres.

**Ceiba:** Puede ser exfoliada dando chapas de calidad, especialmente para formar la base de los contrachapados de otras maderas, y para tableros de latas.

**Chopo del Canadá o de Virginia:** Fabricación de chapa desenrollada y tableros. También chapas de Cuchilla.

**Ciprés de Nootka:** Chapas. Como madera aserrada. Exfoliada rotatoriamente dando chapas de gran calidad. Se utiliza casi exclusivamente para la fabricación de madera contrachapada. Actualmente, y junto con la del Mersawa, es muy importante como chapa externa de la madera contrachapada blanca de Malasia. Utilizada para aplicaciones estructurales de índole general.

**Copalme:** Dibujos interesantes. Chapas para muebles. También se le conoce como “castaño satén”. En EE.UU., en los años 50, la mitad de la chapa obtenida era de copalme. Ralph Mayer menciona a menudo las buenas propiedades de los contrachapados fabricados con esta madera.



Haya

**Flindersi:** Es cortada y exfoliada para la obtención de chapas y forma una madera contrachapada de excelente calidad. Fuera de Australia se conoce principalmente en forma de chapas.

**Fresno común:** Contrachapado.

**Haya blanca/Carpe:** Buena aplicación en la industria del tablero, como soporte de tableros de poco grosor. Es posible su obtención en frío sin vaporizar.



Haya blanca

**Haya:** Contrachapados.

**Hemlock occidental:** Contrachapados.

**Ilomba:** Se desenrolla muy bien. Buen sustituto del ocumé.

**Karri:** Fabricación de madera contrachapada.



Haya vaporizada

**Katsura:** Puede ser exfoliada dando chapas de calidad. El contrachapado presenta una superficie decorativa.

**Kauri:** Tanto el de Queensland, Fidji y el de las Indias Orientales pueden ser exfoliados para la fabricación de contrachapado de uso general.

**Keruing/Gurjun/Yang:** En Asia se emplea para la fabricación de contrachapados.

**Khaya:** Chapas gruesas para tableros. Se confunde con el gabún y el ocumé porque los puertos de embarque son los mismos.

**Limba/Afara:** Se exfolia para la obtención de chapas de buena calidad. Madera contrachapada. Los contrachapados son muy vistosos y de buena calidad superficial, por eso se emplean como salen de fábrica sin rechaparlos. Espesores de 0,8 mm. Para tableros se emplea desenrollada.

**Liquibámbar/Nogal satén:** Chapas, tableros, como madera soporte. Industria del contrachapado.

**Makoré:** Su contenido en sílice la hace abrasiva. Puede ser exfoliada y cortada sin problemas, dando chapas. Es una madera muy importante en la

industria del contrachapado ya que su notable durabilidad la hace muy apropiada para aplicaciones marinas. Se obtienen chapas de grandes dimensiones porque los árboles tienen gran diámetro.

**Mengkulang:** Difícil de serrar y procesar porque contiene sílice. Debido a este carácter abrasivo, frecuentemente es exfoliada y en la actualidad es una de las maderas más utilizadas para la fabricación del contrachapado de Malasia. Como madera contrachapada es utilizada estructuralmente y para usos generales.

**Meranti amarillo:** Se puede exfoliar rotatoriamente dando excelentes chapas para la madera contrachapada.

**Meranti rojo claro:** Se puede exfoliar rotatoriamente dando excelentes chapas. Madera contrachapada.

**Mersawa:** Contenido silíceo bajo pero suficientemente abrasivo. Este contenido hace que su secado sea difícil. Estas dos cualidades hacen que sea utilizada como madera de chapa cortada rotatoriamente. Normalmente usada como madera contrachapada. Las capas más externas de la madera contrachapada blanca de Malasia generalmente son de mersawa o de meranti blanco.

**Nogal negro americano:** Contrachapados.

**Ocumé, Okume:** Su contenido en sílice la hace abrasiva para las sierras por lo que normalmente es exfoliada formando chapas que se secan bien, se colocan bien y forman un excelente contrachapado. Fue la primera angiosperma tropical utilizada en Francia y en otros países europeos en



Okume

la industria del contrachapado, fabricación de tableros de latas<sup>597</sup> y tableros de alma de latas pequeñas.. Fácil desenrollo. Es la más adecuada para la fabricación de tableros. Es usado como chapa intermedia o chapa vista de ambas caras, sobre todo en tableros de reducidos gruesos. Es de las maderas más apropiadas para la fabricación de chapa desenrollada. El

---

<sup>597</sup> Lata: tabla delgada sobre la cual se aseguran las tejas.

principal motivo de aprecio de esta madera se debe a su gran resistencia contra los ataques de hongos e insectos. Últimamente han ido apareciendo otras maderas que pueden sustituirle: la limba y el abaqui o abachi<sup>598</sup>. Maderas sudamericanas con propiedades y aplicaciones similares al ocumé: Virola, Cedro macho, Louro vermelho y Quaruba.

***Picea plateada***: Contrachapados.

***Picea/Falso abeto***: Es utilizada como chapa interna (madera de soporte) de la madera contrachapada de abedul y abeto Douglas. Es corriente el uso de chapas exteriores de picea para los contraplacados.

***Pinabete***: Contrachapados.

***Pino albar***: está siendo introducida con éxito en la industria del contrachapado.



Pino gallego

***Pino cembro***: Se corta en chapas de 2 mm.

***Pino insignis***: Se puede desenrollar para obtener tableros contrachapados.

***Pino monticola/pino blanco americano***: Contrachapados.



Pino Valsáin

***Pino Oregón***: Contrachapado estructural.

***Pino rígido***: En América, el pino del sur es la principal materia para la industria del contrachapado.

***Pino silvestre***: Contrachapado pues apenas tiene contracción. Apropiado como madera soporte para chapeados sencillos. Tableros contrachapados con chapa desenrollada por corte tangencial. También hay chapas de Cuchilla de 1-2 mm.

***Pitch-pine***: Chapas con gruesos de 0,6 – 0,9 mm.

---

<sup>598</sup> Estas otras maderas aparecen casi siempre como sinónimos. Nosotros también las vamos a tomar como si lo fueran por lo habitual que es este tratamiento.

**Rimu:** Contrachapados.

**Roble:** Contrachapados. Suele ser chapa de Cuchilla y no desenrollada. A partir de 1,5 mm es más conveniente obtener la chapa por aserrado.



Roble blanco

**Samanguila:** Contraplacados.

**Samba/Abaqui/Obeche:** Puede ser exfoliada fácilmente por desenrollo dando chapas de calidad. Es uno de los mejores sustitutos del ocumé, gabún...Se suele encontrar en el mercado en chapas de Cuchilla de 1,5 - 3 mm.



Roble rojo

**Sapelli:** Es cortada rotatoriamente para la manufacturación de madera contrachapada, la cual, si está bien consolidada, puede ser utilizada en usos marítimos.

**Secuoya blanca:** Contrachapados.

**Sen:** Madera contrachapada.

**Seraya blanca:** Se la puede exfoliar rotatoriamente dando chapas de buena calidad. También se emplea como madera contrachapada.



Sapelli Cathedral (de Finsa)

**Sipo:** Contrachapado.

**Tchitola:** Puede ser cortada y exfoliada dando chapa de calidad. Antiguamente fue utilizada en Sudáfrica para madera contrachapada de uso general.



Sapelli mallado (de Finsa)

**Teca:** Contrachapados construcción de embarcaciones.

**Tilo americano:** Chapas.

***Tola blanca:*** Estructuras laminadas de embarcaciones. Es cortada rotatoriamente para la industria del contrachapado.

***Tsuga:*** Se emplea en la industria de contrachapado.

***Tulipero de Virginia:*** Contrachapados.

***Tupelo:*** A menudo se exfolia rotatoriamente para la fabricación de madera contrachapada.

***Utile:*** Es exfoliada para la manufacturación de madera contrachapada ya que es muy apropiada para usos exigentes.

***Virola:*** Se exfolia rotatoriamente dando chapas de buena calidad. Es una madera excelente para el contrachapado, aunque sólo es adecuada para ser utilizada en interiores, no resistiendo la intemperie.

### 3.4 EL CORCHO.

“Al alcornoque no hay palo que le toque, sino la encina que le quiebra la costilla.”

*Refranero español*

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE-EN 12103:1999. *Revestimientos de suelos resilientes. Capas base de aglomerado de corcho. Especificaciones.*
- UNE-EN 12105:1999. *Revestimientos de suelos resilientes. Determinación del contenido de agua del aglomerado de corcho.*
- UNE-EN 12103:1999. *Revestimientos de suelos resilientes.*
- UNE-EN 12455:2000. *Revestimientos resilientes de suelos. Especificaciones para las capas base de compuesto de corcho.*
- UNE 56900: *Corcho. Terminología y definiciones.*
- UNE 56904:1976. *Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Características, muestreo y embalado.*
- UNE 56.905:1974. *Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de dimensiones.*
- UNE 56.906:1974. *Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de la densidad aparente.*
- UNE 56.907:1974. *Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de la resistencia a la rotura por flexión.*
- UNE 56.908:1974. *Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación del comportamiento al agua hirviendo.*
- UNE 56.909:1974. *Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación del contenido de humedad.*
- UNE 56.910:1974. *Aglomerado expandido puro de corcho para aislamiento térmico. Placas. Determinación de la deformación bajo presión constante.*
- UNE 56911:1988. *Corcho. Vocabulario.* (norma equivalente a la norma ISO 633-1986).
- UNE 56912:1988. *Corcho en planchas, bornizo, rebusca, refugo y recortes. Muestreo para determinación de humedad.*
- UNE 56913:1988. *Corcho en planchas, bornizo, rebusca, refugo y recortes. Determinación de humedad.*
- UNE 56914:1988. *Corcho bornizo, corcho de rebusca, refugo y recortes comercialmente secos. Definiciones y embalajes.*
- UNE 56915:1988. *Corcho en planchas comercialmente seco. Definiciones, calibrado, clasificación y embalaje.*
- UNE 56916:1988. *Granulado de corcho. Muestreo.* (norma equivalente a la norma ISO 2067-1976).



- UNE 56917:1988. *Granulado de corcho. Determinación de la humedad.*
- UNE 56918:1990. *Granulado de corcho. Análisis granulométrico por cribado mecánico.*
- UNE 56919:1990. *Granulado de corcho. Determinación de la masa volumétrica.*
- UNE 56920:1990. *Granulados y polvo de corcho. Especificaciones.*

### 3.4.1 Definición.<sup>599</sup>

Corcho es el nombre que recibe la corteza del alcornoque (*Quercus Suber L.*)<sup>600</sup>, es, por tanto, otro material derivado de la madera, dado que se extrae de especies maderables, aunque no sea esa la función primordial de esas especies.<sup>601</sup>



*Quercus suber.* Arboreto de Montes.

Según las normas UNE, es el parénquima suberoso engendrado por el meristemo suberofelodérmico del alcornoque que constituye el revestimiento de su tronco y ramas. Está formado por células muertas, en su mayoría de forma prismática hexagonal, dispuestas radialmente, con meatos del orden de magnitud de la molécula y llenas de una mezcla de aire y de nitrógeno. La pared medianera de dos células contiguas está constituida por cinco capas: dos de naturaleza celulósica que forman la cavidad de las células, otras dos más gruesas y suberificadas que recubren las anteriores, y la intermedia leñosa.<sup>602</sup>

Es un tejido vegetal cuya función es de protección del cambium, o capa generadora, contra los ataques externos, atmosféricos o no, permitiendo el intercambio gaseoso con el exterior<sup>603</sup>.

<sup>599</sup> Para información detallada vid. la ficha que Fernando Nájera y Angulo hace sobre el *Quercus Suber L.* (Fernando Nájera y Angulo et al, *Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, (IFIE), Madrid, 1969, págs. 219-225: descripción, distribución geográfica, estación y temperamento, crecimiento y longevidad, características macroscópicas, microscópicas y físico-mecánicas, etc.

<sup>600</sup> Clase: Dicotiledóneas; Orden: Fagales; Familia: Fagáceas.

<sup>601</sup> Esas funciones son, entre otras, tapamiento (tapones), aislamiento (térmico y acústico) y recubrimientos. Más adelante se insistirá en este punto.

<sup>602</sup> Norma UNE 56911:1988. *Corcho. Vocabulario.*

<sup>603</sup> “El crecimiento secundario del felógeno (meristemo lateral) da lugar al corcho o súber, formado por capas de células muertas impregnadas de una sustancia impermeable, la suberina. El corcho

Composición del corcho <sup>604</sup>	
Constituyente	Cantidad
Ácidos grasos	24-35%
Celulosa	30-32%
Lignina	20-32%
Cenizas	0,1-0,2%
Humedad	3-7%
Taninos y Plobafano	2,5-6,5%
Cavina y Friedelina	2-3%

Es un producto natural que no contamina.

Tiene una gran durabilidad y se renueva cada 9-10 años o cada 12–14 años, dependiendo del crecimiento.



De cada árbol se obtiene, por término medio, de 20 a 100 Kg de corcho.

Hoja: verde, perenne y dentada.

---

protege a la planta de los daños mecánicos y de la pérdida de agua, y está horadado por las lenticelas, orificios que permiten el intercambio de gases entre la atmósfera y los tejidos del tallo en los que se realiza la respiración (...)” [Josep Cuerda Quintana (coordinador de textos), op. cit., pág. 36]. Estas lenticelas o lenticúlas son realmente poros intercelulares ubicados desde la corteza hasta el cambium, pero sin conexión con las células, por eso no puede penetrar a través de ellos la humedad ni el aire hasta las células. Para que el líquido no se salga de los tapones de corcho a través de estas lenticúlas, el corcho se corta de tal manera que éstas queden situadas de manera transversal a la salida del líquido.

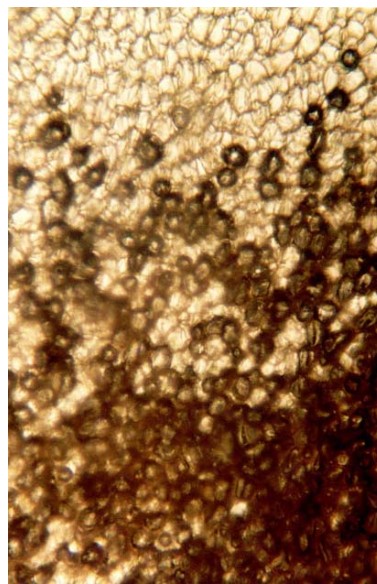
<sup>604</sup> Según J. Julia, op. cit., pág. 179.

Altura: entre 10 y 15 m.

Madera: dura.



Corcho seco visto al microscopio.  
X 100



Corcho impregnado de alcohol  
visto al microscopio. X 100.

Vegeta desde el nivel del mar hasta los 1300 m., pero los mejores rendimientos los da entre los 400-500 m.

Sus propiedades provienen de la estructura de su célula:

(...) La estructura de su célula es esférica, de 2 a 3  $\mu$  de diámetro, conteniendo — además del protoplasma y del núcleo — una vacuola de aire; el contacto entre todas las células colindantes es total y perfecto, es decir, sin poros ni intersticios (...)<sup>605</sup>

Esto quiere decir que sus células están rellenas de aire y unidas entre sí por medio de resinas naturales.

El tamaño de estas células es muy pequeño, según J. Julia, existen de treinta y dos a treinta y cinco millones de células en un centímetro cúbico.<sup>606</sup>

Las paredes celulares presentan unos canalillos microcapilares (plasmodesmos) que atraviesan a todas las células (su  $\varnothing$  es de  $6 \cdot 10^{-8}$  m). De esta manera están comunicadas y facilita la recepción y expulsión de aire. Esto es lo que da al corcho su elasticidad característica (capacidad de

<sup>605</sup> Camuñas y Paredes, op cit, pág. 355.

<sup>606</sup> J. Julia, op. cit. pág. 179.

recuperación cuando se le somete a grandes presiones). Esta característica dota al corcho de una gran estabilidad dimensional:

De aquí que ante cambios de temperatura y humedad los aglomerados de corcho no presenten aumentos de presión del aire en las celdillas, cosa que ocurriría si, de otra forma, fueran cerradas (estancas). Dicho aumento de presión es causa de “movimientos” en los materiales y aún de roturas o degradaciones de los mismos. Puede indicarse que el corcho es estable porque puede “respirar”.<sup>607</sup>

#### Según Arredondo.

El corcho no tiene una estructura fibrosa como la de la corteza de la mayoría de las maderas, sino que está compuesto por una infinidad de pequeñísimas células huecas que le proporcionan una gran resistencia al paso del calor.

Por otra parte esta estructura celular presenta las células en contacto unas con otras de forma que no puede retener la humedad, que tampoco puede acumularse en las paredes de dichas células porque, como ya hemos dicho, la suberina las impermeabiliza,<sup>608</sup>

El área sobre la que se extiende ocupa lo siguiente:

- Países que rodean al Mediterráneo Occidental:
  - España: Gerona, Barcelona, Cáceres, Badajoz, Sevilla, Málaga, Cádiz y Huelva, principalmente.
  - Francia.
  - Italia (Cerdeña).
  - Grecia.
- Países bañados por el Océano Atlántico:
  - Portugal.
- Costa norteafricana:<sup>609</sup>
  - Argelia.
  - Marruecos.

---

<sup>607</sup> Indel Madrid, *Empleo del corcho en algunos tipos de estructuras*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, pág. 365.

<sup>608</sup> Arredondo y Verdú op. cit., pág. 996.

<sup>609</sup> Se han realizado intentos de aclimatarlo en Inglaterra y USA.

- Túnez.

Esta especie se da en suelos de carácter ácido.

Este material lo produce en exclusiva un solo árbol en el mundo: el alcornoque.

### 3.4.2 Tipos de corcho que podemos encontrar.

Tres tipos fundamentales podemos encontrar en el comercio que va a depender del grado de manufactura que posean:

Corcho no manufacturado.	Corcho en bruto.	Corcho bornizo.
		Corcho de reproducción
	Corcho preparado.	
	Corcho obrado (o elaborado).	
Corcho semifabricado.		
Corcho manufacturado.		

#### ▪ Corcho no manufacturado:

Corcho en bruto:

Es el que no ha sufrido ninguna transformación.

Existen varios tipos de corcho en bruto y esta clasificación viene definida por el orden de extracción y por la calidad que ofrecen.<sup>610</sup>

	Tipo de corcho	Extracción	Usos	Calidad	Flexibilidad
<b>Corcho BORNIZO</b> <sup>b11</sup> (Corcho “macho”)	Corcho bornizo de 1ª PELA	1ª extracción	Aglomerados	Mala	Poco flexible
	Corcho bornizo de REMETIDOS (Corcho segundero)	2ª extracción	Aglomerados	Mala	
<b>Corcho de REPRODUCCIÓN</b> (Corcho “hembra”)	1ª. Corcho de reproducción (corcho de fino)	Obtenido inmediatamente después del bornizo	Manufacturas finas	Excelente	Muy flexible
	Corcho de reproducciones ulteriores	Obtenido a partir del 3 <sup>er</sup> descorche			
	Corcho de reproducción (corcho refugo) <sup>b12</sup>		Aglomerados	Mala	

<sup>610</sup> Casi todo el mundo coincide en clasificar, de una manera general, al corcho en dos tipos: corcho bornizo y corcho de reproducción. Nosotros ampliamos esta clasificación por motivos pedagógicos.

<sup>611</sup> El término proviene de desbornizar.

<sup>612</sup> El corcho refugo es un corcho de reproducción pero de una pésima calidad.

El corcho bornizo o corcho primario, es el corcho que se ha formado desde que nació el árbol y es el primero que se arranca.<sup>613</sup> Esta práctica es muy peligrosa pues, no olvidemos, que estamos eliminando la protección del árbol. Suele arrancarse cuando el árbol tiene, a la altura de un metro, unos diecinueve centímetros de diámetro (60 cm de circunferencia). En este primer descorche suele tener un grosor de unos 15 mm. Se realiza, por regla general, a los 25 años de edad.

Es un corcho de mala calidad (su corteza es muy tortuosa) que va mejorando, adquiriendo la mejor calidad hacia el cuarto descorche.

El corcho de reproducción es un corcho obtenido de extracciones posteriores al bornizo.

#### Corcho preparado:

Es corcho en bruto que ha sufrido una o varias fases de preparación: cocido, raspado, despunte, recorte, calibrado, prensado, etc.



Árbol al que se le ha extraído el corcho bonizo.  
Arboreto de Montes.

Puede estar formado por planchas, pedazos, desperdicios, etc.

#### Corcho obrado: (O elaborado).

Constituido por el corcho en bruto y/o preparado que ha sufrido operaciones de transformación: Talla, granulación o trituración y aglomeración.

#### ▪ **Corcho semimanufacturado:**

Constituido por los granulados de corcho, los cuadradillos y las barras de corcho.

#### Los granulados:

---

<sup>613</sup> Si no se quitara esta capa, la corteza podría alcanzar los veinte centímetros de grosor.



Se obtienen de todo aquello que no tiene calidad para transformarse en otras manufacturas de mayor valor.

#### Los cuadradillos:

Proceden de tiras o rebanadas a las que se les da cortes perpendiculares.

Son sobrantes de otras manufacturas.

De sus desperdicios (al obtener tapones) se obtiene:

- *Lana o viruta*: se obtiene al cortar con cuchilla y se usa como material de relleno.
- *Papel de corcho*: se obtiene al cortar con cuchilla y se emplea en decoración.
- *Polvo de corcho*: Se obtiene por esmerilado en distintas fases de trabajo. Es un granulado, pero inferior a 0,25 mm. Cuando es superior a este tamaño pasa a ser granulado. Se emplea como combustible y para fabricar linóleo.

#### Barras de corcho:

Son cilindros alargados de aglomerado compuesto (granulado pequeño + aglutinantes + plastificantes, antimohos, etc.) obtenidos por medio de moldeo (moldes cilíndricos) o por extrusión.

Sirven para la obtención de discos y tapones baratos.

#### ▪ **Corcho manufacturado:**

Constituido por productos industriales acabados.

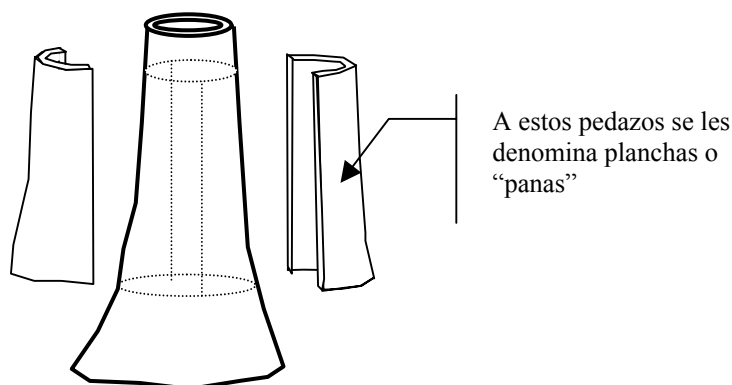
Lo forman dos grupos:

Manufacturas de corcho natural	Tapones, discos, plantillas.		
Manufacturas de corcho aglomerado:	Aglomerados puros:	No expandidos, blancos o de revestimiento.	
		Expandidos, negros:	Térmicos <sup>614</sup> (en plancha, en cilindro).
			Acústicos, vibráticos.
	Aglomerados compuestos: prismas cilíndricos y paralelepípedicos, tapones, discos.		

### 3.4.3 Obtención del corcho.

Suele realizarse en el mes de julio, al ser más fácil el desprendimiento.

Para extraerlo<sup>615</sup> se hace una incisión circular a una determinada altura y otra al pie del árbol. Posteriormente suele hacerse una o más incisiones al hilo, uniendo ambas incisiones circulares, y luego se procede a arrancar la capa.



La siguiente corteza crece a razón de 1,5 a 4 mm por año.

Las panas se apilan y se dejan secar durante un año para que se estabilice el material.

Se recortan los extremos, se hierven las planchas (esto aumenta la elasticidad del corcho y reblandece la "raspa" para poder eliminarla mejor), se prensan y se seleccionan por gruesos y calidades.

<sup>614</sup> De estos se obtiene un subproducto que es el "regranulado negro".

<sup>615</sup> Se refiere al corcho bornizo.



Se hierven por segunda vez para eliminar impurezas y se dejan secar unos días.<sup>616</sup>

Esquemmatizando el proceso, vendría a ser el siguiente:

1	Obtención de las panas		
2	Carga del corcho	Transporte a la factoría	
3	Descarga	Refugado	Apilado
4	Cocido		
5	Raspado	Despuntado	Recorte
6	Calibrado		
7	Prensado	Enfardado	Apilado

El calibrado se establece en España por medio de una unidad llamada **línea**, que equivale a 2,25 mm. Las líneas más habituales son: 8, 13, 15, 19 y 24.

Se valora especialmente los corchos más claros de textura fina (compactos) y de menor porosidad.<sup>617</sup>

La cantidad y calidad del corcho producido por un árbol va a depender de varios factores como son:

- En el caso de la cantidad:

- Tamaño del árbol.
- Coeficiente de descorche aplicado.
- Tratamiento, genética y situación del árbol.

- En el caso de la calidad:

- Edad del corcho.
- Calidad de la estación.<sup>618</sup>

---

<sup>616</sup> Poza Lleida, op. cit., pág. 81.

<sup>617</sup> J. José Casado Bracho, *Racionalización y Normalización dl Corcho en la Industria de Primera Transformación*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, págs. 222-228.

<sup>618</sup> Información detallada en Isabel Ugalde Ruiz de Assin, *Rendimiento y mejora del monte alcornocal*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, pág. 48-51.

Aunque obtener buen corcho se debe a la coincidencia de unos factores que suelen darse en los buenos alcornocales: «árboles padre de calidad: suelos silíceos, sueltos, profundos y frescos; tratamiento y cuidados culturales; turnos y coeficiente de descorche apropiado, etc. El logro de un buen alcornocal depende no sólo de la idoneidad de los factores fitoclimáticos, sino también de un cuidado y tratamiento adecuados, que tienen su coste<sup>619</sup>».

#### 3.4.4 Apuntes históricos.

Conocido desde antiguo, no se supo ver su utilidad hasta el siglo XVII, empleándose en la fabricación de tapones para botellas, con el desarrollo de la industria del vidrio:

Meras anécdotas son las referencias que sobre las aplicaciones del corcho pueda ofrecernos Horacio en sus Odas al citar su uso para tapar ánforas, o Varrón en su «*Rerum rusticarum*», al decirnos que las mejores colmenas eran las de corteza de alcornoque, o las que pueda ofrecernos Plinio el viejo acerca de su utilización en las redes de los pescadores o para calzado de las mujeres en invierno.

También S. Isidoro de Sevilla nos hace referencia al corcho, como conveniente para facilitar la navegación, y hasta referencias de más importantes industrias, a base del corcho, encontraremos después, tales como la fabricación de zapatillas de corcho en Danzig en el siglo XV, o las que nos ofrece la existencia de una Cofradía de Tapiners en Barcelona, a finales del siglo XVI.<sup>620</sup>

La industria del corcho aparece a mediados del siglo XVIII (1750) en Francia, por la necesidad de cerrar botellas que contenían el burbujeante champán, descubierto hacia 1681 por el monje benedictino Dom Pierre Perignon<sup>621</sup>.

La producción comienza en la provincia de Gerona y es esta provincia, en aquel siglo, la principal productora mundial.

---

<sup>619</sup> Luis Velasco Fernández, “Problemas tecnológicos en el comercio del corcho no manufacturado”, (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias), *Montes*, año XXXII, n° 18, 1976, Montes, Madrid, pág. 44.

<sup>620</sup> Arturo Almansa San Andrés, *Aspectos legales del monte alcornocal y su aprovechamiento*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, pág. 133.

<sup>621</sup> Para más información vid. Luis Mataix Martín, *Importancia y perspectivas de la riqueza corchera en Cataluña*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, pág. 123 y Luis Velasco Fdez., “El corcho y su vertiente industrial”, *Montes*, n° 6, Julio, 1985, Montes, Madrid, pág. 17-28.

En España se han establecido siete períodos importantes o significativos en relación con el corcho:

El primer periodo se establece desde los albores de la industrialización del corcho, a partir del advenimiento del tapón de champagne, allá por el año 1750, hasta la Guerra de la Independencia.

El segundo tiene lugar desde la terminación de la misma hasta el año 1850.

El tercer periodo transcurre desde el año 1850 a 1880.

El cuarto corresponde al tiempo desde 1880 a 1889, constituyéndose como el mas brillante para el sector, viniendo a denominarse “edad de oro del taponero”.

El quinto comprende el espacio de tiempo entre los años 1950 y 1919.

El sexto se extiende desde 1919 hasta 1936. En él tienen lugar la creación de la Comisión Mixta del Corcho (1932), entidad que habría de marcar un hito sobresaliente en el proceso corchero español y cuya organización fue base para sentar otras análogas en otros países.

El séptimo periodo puede establecerse desde 1935 hasta el momento actual, partiendo, por tanto, de la gran crisis del sector determinada por la Guerra Civil Española.<sup>622</sup>

En la actualidad España ocupa el segundo puesto en el mundo como país productor y transformador del producto. El primer puesto lo ocupa Portugal.

### **3.4.5 Características / propiedades.**

#### *Características de la especie vegetal:*

El alcornoque es una especie muy fuerte a la que no le afectan las inclemencias del tiempo (incluyendo las heladas).

Especie de crecimiento lento.

Puede vivir durante cientos de años (entre 100 y 500 años). Pero los que se explotan sólo llegan a los 150-200 años.

Lo que le afecta gravemente es la poda incontrolada.

Árbol recio de talla mediana con fuerte ramificación.

---

<sup>622</sup> Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, pág. 7.

La corteza es corchosa y sus espesores pueden llegar a los quince centímetros. Debajo de esta corteza se encuentra la *careia*, rica en tanino, que al oxidarse aparece de color negro-rojizo.

Árbol que crece despacio, alcanzando los 10-12 m de altura, a veces los 20 m.

#### *Características del material:*<sup>623</sup>

Es un material que posee una serie de características que lo hacen insustituible en muchos campos.



Medición de humedad Arcobel.  
Cortesía de Corchos de Mérida,  
S.A.

Cuando está desecado al aire tiene una humedad del 4 o 5%.

El corcho es un material semirígido y poco homogéneo en cuanto a sus dimensiones, flexibilidad, densidad, etc.

Posee excelentes cualidades de aislamiento térmico y acústico. Los materiales tienen una conductividad térmica mayor cuanto más grande es la densidad y mayor es la resistencia mecánica, es decir, que un buen aislante es tanto mejor cuanto peor es su resistencia mecánica.<sup>624</sup>

Es importante decir que tiene un comportamiento magnífico frente a la humedad.

Posee buena estabilidad dimensional.

Buen comportamiento al fuego. No libera gases tóxicos.

Resistente al agua hirviendo, a ataques de ácidos y bases (en menor medida) y poco atacable por insectos, mohos, etc. Esto es debido a la suberina, que es difícilmente soluble y degradable.

---

<sup>623</sup> Datos interesantes en Luis Velasco Fernández, “El corcho y su vertiente industrial”, *Montes*, n 6, Julio, 1985, Montes, Madrid, pág. 17-28.

<sup>624</sup> Luis Velasco Fernández, “Ventajas del corcho como material aislante”, (INIA) *Montes*, año XXXIII, n° 188, Montes, Madrid, 1977, págs. 140.

Color: más pálido o más intenso según sea la zona de extracción: las zonas interiores de la pana son más pálidas que las exteriores.

Resiste la acción de todo tipo de animales, desde roedores hasta microorganismos.

Características naturales:

- Ligereza, elasticidad, compresibilidad. Esta última característica es muy interesante ya que podemos comprimir el corcho de tal manera que no se produzca una extrusión en sus laterales y al cesar dicha compresión el corcho recupera prácticamente su antiguo espesor sin apenas deformación.<sup>625</sup> Esto nos lleva a la siguiente característica.
- Es tan ligero y poroso (además de impermeable) porque sus células contienen compartimentos de aire.<sup>626</sup>
- Tiene también buena flotabilidad, resistencia al desgaste, aislamiento térmico y acústico, bajo coeficiente de conductividad eléctrica, imputrescible y adherente, estabilidad.
- Densidad: 0,15 a 0,20 g/cm<sup>3</sup>. Si fuera menos denso, también sería menos elástico.

Todas estas características hacen del corcho un excelente material para ser utilizado en juntas de dilatación, entre otras cosas.

*A nivel microscópico:* La forma de sus células, vistas transversal y radialmente, es rectangular; pero son de forma poligonal en la sección tangencial. Además, cada célula está en contacto con otras catorce de manera muy compacta.<sup>627</sup>

---

<sup>625</sup> El corcho se comprime mas cuando está húmedo que cuando está seco.

<sup>626</sup> “Los corchos perdidos flotan en el cielo”, “Los corchos flotan hasta en la memoria”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, págs. 51 y 273).

<sup>627</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959., pág. 550.

La pared celular es muy curiosa pues está formada unas 100 – 150 capas muy finas y alternas de *suberina*<sup>628</sup> y *cera* con una lámina de celulosa intermedia.

### **3.4.6 Materiales obtenidos del corcho natural.**

(Materiales suberíferos)

#### **3.4.6.1 Productos laminares.**

Son productos tales como: Rollos, placas, losetas, etc.<sup>629</sup>

- **Corcho en plancha o en tablas.**

Ya hemos hablado de su modo de obtención a partir de las panas.

- **Aglomerados de corcho.**

Para su fabricación hace falta corcho granulado; producto que comenzó su andadura hacia 1885 en la comarca de la Selva (Gerona) con la fabricación del primer serrín o granulado dedicado a embalaje de frutas y realizado con los desperdicios de la fabricación de tapones.<sup>630</sup>

El descubrimiento del aglomerado expandido de corcho fue llevado a cabo por John T. Smith en 1891.<sup>631</sup>

Fue el único aislante frigorífico utilizado hasta la aparición de las espumas sintéticas.

Obtención:

---

<sup>628</sup> «La suberina es una resina natural compuesta, a su vez, de diferentes tipos de resinas, como resinas-ceras, resinas solubles en agua y resinas poliésteres muy duras. Estas últimas, son solubles en solventes orgánicos solamente y representan el 45% de la composición total del corcho» (Luis Velasco Fdez., “Ventajas del corcho como material aislante”, (I.N.I.A.), *Montes*, año XXXIII, nº 188, Madrid, 1977, Montes, Madrid, págs. 152).

<sup>629</sup> Todos estos materiales pueden ir revestidos de chapas de madera o metales, plásticos, barnices (poliuretano, poliéster, epoxi), etc. pero, lo cierto es que cualquier producto laminar se moldea a grandes presiones, originándose láminas de alta densidad. Recordemos que su uso más importante son los recubrimientos, y en ellos hace falta mucha densidad para resistir el trato al que van a estar sometidos.

<sup>630</sup> Luis Velasco Fdez., “El corcho y su vertiente industrial”, *Montes*, nº 6, Julio, 1985, Montes, Madrid, págs. 17-28.

<sup>631</sup> John T. Smith era carpintero de rivera del East River de Nueva York. Descubre en ese año el aglomerado de corcho y patenta su empleo.

- Trituración de las panas. Tamizado cuidadoso para seleccionar tamaño de granza.
- Cocción de las partículas por medio de vapor de agua.<sup>632</sup>
- Aglutinante: dos posibilidades que dan lugar a dos métodos distintos y a dos productos distintos: con aglutinante y sin aglutinante.

Los productos obtenidos van a depender de:

- Forma de obtención de las partículas:
  - Trituración.
  - Cepillado.
- Lugar de obtención de las partículas dentro de las panas:
  - Exterior: más desmenuzables.
  - Interior: compactas.
- Clase de corcho:
  - De 1ª extracción.
  - De 2ª extracción.

La función del aglomerado es intentar reproducir la estructura del corcho natural, valiéndose para ello de dos métodos que se diferencian entre sí en la temperatura y en el aglutinante empleado.<sup>633</sup>

---

<sup>632</sup> «(...) En el proceso de obtención del aglomerado aumenta su volumen hasta 1,8 veces el original por causa de su torrefacción. Este aumento de volumen unido al efecto de la compresión del bloque, determina la homogeneización del material y la eliminación de los espacios vacíos en su interior (macroporos) en medida proporcional al grado de compresión. Es decir una gran compresión, dirigida a la obtención de un aglomerado denso, conlleva a la práctica eliminación de todos los espacios vacíos, una compresión más pequeña, para lograr aglomerado de menor densidad, permite la existencia de una cierta cantidad de macroporos. La cantidad de espacios vacíos está también, en función de la forma del granulado y de su correcta aglutinación. A su vez la cocción del granulado determina el que los granos, y como consecuencia todo el material, queden recubiertos de suberina endurecida, que envuelve por completo el componente celulósico de la pared celular. El carácter hidrófobo de la suberina es muy importante en relación con la pequeña absorción de humedad que presente el aglomerado expandido puro de corcho» (Luis Velasco Fdez., “Ventajas del corcho como material aislante”, (I.N.I.A.), *Montes*, año XXXIII, nº 188, Madrid, 1977, Montes, Madrid, págs. 149).

<sup>633</sup> Información más completa en J. Julia, op. cit. págs. 179 –186.

### **Método 1: sin aglutinante:**

La materia prima se tritura primeramente. Después se cuece el granulado que se ha formado. Se utiliza el vapor de agua para ello.

Las partículas de corcho se comprimen a temperaturas de 250-300° C. Con esto, el corcho se expande y dichas partículas quedan comprimidas en el molde y unidas entre sí por las propias resinas del corcho, como es la suberina, cuya exudación se produce por la aplicación de calor.<sup>634</sup>

Proceso usado desde finales del siglo XIX en EE.UU., donde comenzó su fabricación.

Con este proceso obtenemos lo que se denomina **autoaglomerado, corcho expandido puro, aglomerado expandido puro o aglomerados para aislamiento**. El aglomerado resultante es de color negruzco y por eso se le denomina también: **Tablero negro o Aglomerado negro**.<sup>635</sup>

Los tableros suelen tener unas dimensiones de 98 x 48 y espesores de 3 a 100 mm.<sup>636</sup>

La expansión y aglomeración se hacen, pues, en una misma operación que puede llevarse a cabo por medio de dos métodos:

- En moldes metálicos colocados en hornos.
- Por el procedimiento “Steambaked”.<sup>637</sup> Con una temperatura de vapor de 300° C.

### **Características del material:**

---

<sup>634</sup> “La suberina del corcho de la corteza, impenetrable prácticamente, es uno de los materiales más inalterables químicamente que conocemos. Como consecuencia, el corcho de la corteza protege al tronco contra cualquier influencia química y nivela las influencias físicas, como cambios de temperatura, insolación, etc.

No existe ningún producto preservante que pueda penetrar el corcho, impregnando la madera.” (Kraemer Koeller, op. cit., pág. 29).

<sup>635</sup> Otras denominaciones usuales son: corcho conglomerado negro o “corcho standard” para aislamiento.

<sup>636</sup> Camuñas, op. cit., pág. 357.

<sup>637</sup> E. Góngora y Benítez de Lugo, *El corcho en las instalaciones industriales y domésticas*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, págs. 237-238.



- Este material conserva las mismas propiedades del corcho ya que no se ha utilizado ninguna sustancia ajena a él.
- Densidad: 100 Kg/m<sup>3</sup>.<sup>638</sup>
- Coeficiente de conductividad: 0,034 Kcal/mh° C.
- Resistencia a la compresión: la carga de rotura es de 2,2 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Estabilidad dimensional: muy buena, pues el envejecimiento no afecta a sus dimensiones.<sup>639</sup>

Existen dos tipos de aglomerados puros expandidos negros:

- Los térmicos.<sup>640</sup>
- Los acústicos o vibráticos.

Los más baratos son los térmicos porque para su fabricación se emplea el corcho de peor calidad.

Los desperdicios de estos aglomerados negros dan lugar a los *regranulados negros*, que se pueden volver a aglutinar con otros adhesivos.

## **Método 2: con aglutinante:**

El producto se obtiene mezclando al corcho triturado ciertas materias aglutinantes.

En cuanto al corcho, los aglomerados, de tanta aplicación, se fabrican uniendo el corcho triturado, con colas de piel de buena calidad, a las que se agregan glicerina y urotropina.<sup>641</sup>

Comenzó su fabricación en 1913.

Normalmente las partículas se aglutinan ahora con adhesivos artificiales como: adhesivos fenólicos o de urea,<sup>642</sup> caseína, brea de hulla,

<sup>638</sup> Hay corchos de alta densidad en los que puede llegarse a los 170 Kg/m<sup>3</sup> e incluso 220-240 Kg/m<sup>3</sup> y, a veces, 320-350 Kg/m<sup>3</sup>.

<sup>639</sup> “Según la norma ASTM-C-367, la variación dimensional es inferior al 0,3% para el cambio de condiciones de 22° C y 50% de HR. a 32° C y 90% de HR.” (E. Góngora y Benítez de Lugo, op. cit., pág. 239-240).

<sup>640</sup> Aglomerado negro térmico de corcho.

<sup>641</sup> Román y Arroyo, op. cit., págs. 199-200.

<sup>642</sup> Apéndice 4, sobre corcho y derivados, en “Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada, Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para

resinas de melamina, poliuretano<sup>643</sup>, etc. Y, posteriormente, se somete al prensado, a unos 200 Kg/cm<sup>2</sup>.

La unión se efectúa a baja temperatura.

El aglomerado resultante es bastante parecido, cromáticamente, al corcho natural y se le denomina **Tablero blanco** o **aglomerado blanco**. También se le denomina **corcho de composición** o **aglomerados compuestos**.

En el método 1 el aglomerado conserva las propiedades naturales del corcho porque no hay ningún añadido artificial. Al aplicarle las altas temperaturas y expandirse las células, es cuando adquiere verdadera importancia como aislante.

En el método 2 la adición de colas, gelatinas o resinas sintéticas hacen posible la obtención de tableros mucho más resistentes y de los que suelen fabricarse las baldosas y demás recubrimientos expuestos a fuertes rozamientos.

#### - **Materiales derivados del aglomerado de corcho.**

##### **Placas de aglomerados:**

Son baldosas, losetas o placas formadas por partículas de distintos tamaños. En función de las distintas combinaciones de tamaños se obtendrían apariencias diferentes.

Pueden ser monocromas o pueden incluir colores amarillos, pardos, verdes, etc., en su composición.

Sus dimensiones suelen ser las siguientes:

---

*la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959, pág. 191.*

<sup>643</sup> En el caso del poliuretano y remitiéndonos a la ponencia de J. Julia en la Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, pág. 182, se ensayaron unos tamaños de 8,5 y 4 mm. para las partículas de corcho y 10 partes de resina de poliuretano por cada 100 partes en peso de granulado de corcho, a una temperatura de unos 120° C aproximadamente.

<b>Dimensiones<sup>644</sup></b>			
<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>	<b>Especificación norma</b>
<b>Longitud (mm)</b>	300 y 600	ISO 3810	+/- 0,17 %
<b>Anchura (mm)</b>	300	ISO 3810	+/- 0,17 %
<b>Grosor (mm)</b>	4 y 8	ISO 3810	+ 0,25 mm
<b>Escuadría</b>		ISO 3810	< 0,5 mm
<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		Pr EN 12104	> 400 Kg/m <sup>3</sup> hasta > 500 Kg/m <sup>3</sup> según los usos

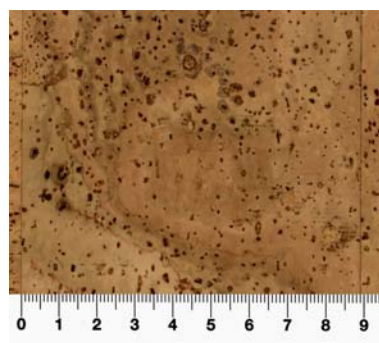
Algunas de esas posibilidades son las siguientes:

---

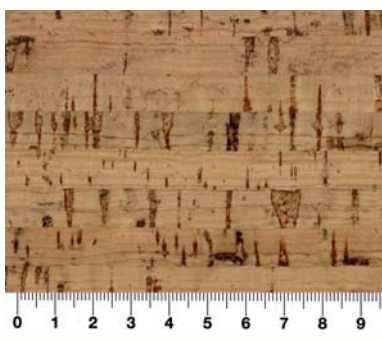
<sup>644</sup> Dimensiones de “Arcobel<sup>®</sup> parquet”, de Arcobel<sup>®</sup>, marca registrada de Corchos de Mérida, S.A. Grupo Sabaté.



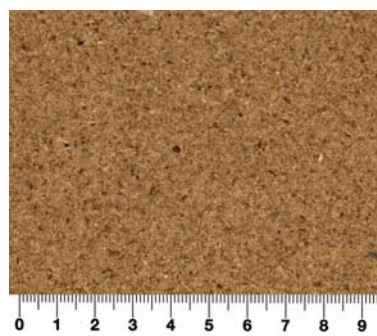
*Corcho Atlántico Arcobel.*  
*Corchos de Mérida.*



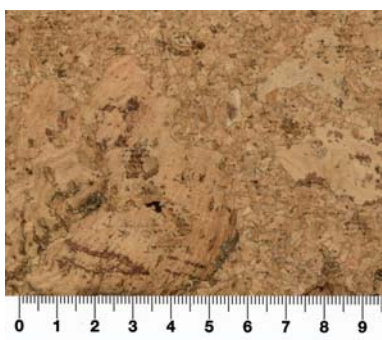
*Corcho Báltico Arcobel.*  
*Corchos de Mérida.*



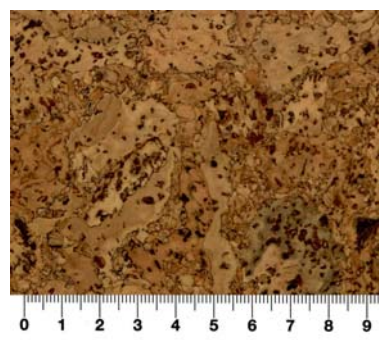
*Corcho Egeo Arcobel.*  
*Corchos de Mérida.*



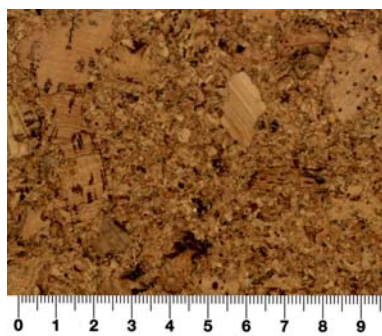
*Corcho fino contracara Arcobel.*  
*Corchos de Mérida.*



*Corcho Náutico Arcobel.*  
*Corchos de Mérida.*



*Corcho Pacífico Arcobel.*  
*Corchos de Mérida.*



*Corcho Vento Arcobel.*  
*Corchos de Mérida.*

## Corchos compuestos:

Se trata de corcho cortado y corcho aglomerado.

Se venden en losetas, plaquetas y rollos. Se venden también losetas machihembradas (tarima flotante) compuestas por un alma de tablero de fibras (HDF) de 6 mm de grosor, una cara de corcho de 4 mm (suele ser la cara vista, decorativa) y una contracara de corcho de 2 mm.

Dimensiones <sup>645</sup>			
Característica	Valor	Norma	Especificación norma
Longitud (mm)	915	ISO 3810	+/- 0,17 %
Anchura (mm)	305	ISO 3810	+/- 0,17 %
Grosor (mm)	12	ISO 3810	+ 0,25 mm
Escuadría		ISO 3810	< 0,5 mm
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )		Pr EN 12104	> 400 Kg/m <sup>3</sup> hasta > 500 Kg/m <sup>3</sup> según los usos



Loseta Arcobel.  
Cortesía de Corchos Mérida, S.A.

<sup>645</sup> Dimensiones de “Arcobel<sup>®</sup> tarima”, de Arcobel<sup>®</sup>, marca registrada de Corchos de Mérida, S.A. Grupo Sabaté.

## Rollos:

Disponibles en una gran variedad de espesores, anchos y largos.

Dimensiones <sup>646</sup>			
Característica	Valor	Norma	Especificación norma
<b>Longitud</b> (m)	(Ver tabla siguiente)		
<b>Anchura</b> (m)	(Ver tabla siguiente)	ISO 9149	Nominal +5 mm
<b>Grosor</b> (mm)	(Ver tabla siguiente)	ISO 9149	+/- 0,3 mm
<b>Densidad</b> (Kg/m <sup>3</sup> )	170 y 200	Pr EN 12103	Nominal +/- 10%



Rollo de corcho Arcobel.  
Cortesía de Corchos de Mérida, S.A.

Longitud (m)	Anchura (m)	Grosor (mm)
15	1	2
30	1	2
30	1	3
25	1	4
25	1	5
15	1	6
8	0,5	2
8	0,5	4

- **Tiras y chapas naturales.**

Se obtienen de las panas y son éstas las que determinan sus dimensiones.

<sup>646</sup> Dimensiones de “Arcobel<sup>®</sup> rollos”, de Arcobel<sup>®</sup>, Corchos de Mérida, S.A.

Suelen tener poco espesor.

Dependiendo de la zona de la pana de donde se obtengan las chapas, éstas tendrán apariencia distinta.<sup>647</sup> si se obtienen de la cara interna, formarán una lámina continua y si son de la externa presentarán discontinuidades en forma de huecos y su superficie será muy irregular.

- **Placas alistonadas.**

También se usa el término **Tiras encoladas**

Consiste en encolar tiras de panas de corcho para formar algo similar a los tableros alistonados. Luego se cortan y ofrecen distintos aspectos en forma de estratos o estratificaciones.

Suelen usarse como losetas decorativas o como material soporte de otros materiales como chapas de madera o metálicas, cuando la continuidad, o el aspecto estético en el material no es importante, ya que va a quedar oculto por el revestimiento.

- **Microcorcho.**

Otras denominaciones: **Papel corcho**<sup>648</sup>. **Corcho en hojas llamadas de papel.**

Las primeras noticias de su fabricación se tuvieron en 1880 en Dresde (Alemania) y en 1890 en Fregenal de la Sierra (Badajoz.)

Se trata de una finísima lámina de corcho (gramaje mínimo 20 g/m<sup>2</sup>) que va encolada a un sustrato de papel de un gramaje mínimo de 90 g/m<sup>2</sup>.<sup>649</sup>

Utilidad comercial: empapelados de pared.

El papel puede ir coloreado para servir de fondo cuando la lámina de corcho tiene muchas lagunas o faltas de material.

---

<sup>647</sup> Igual que ocurría con el color.

<sup>648</sup> Para información más completa vid. *Revestimientos de paramentos flexibles (RPF)*, 1975 en Normas Técnicas de Edificación (NTE), *Revestimientos*, edita Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, MOPU, 1988, 2ª edición, pág. 45.

<sup>649</sup> Según norma UNE 57097:1975.

Presentación: en rollos, como el papel para paredes. So rollos de más de 10 m de longitud<sup>650</sup> y de más de 0,50 m de ancho.<sup>651</sup>

Adhesivo: sobre el soporte se aplicará una capa de 5 g/m<sup>2</sup> para cerrar poros y facilitar la adherencia. Luego se aplicará otra capa sobre el corcho, superior a 5 g/m<sup>2</sup>.

También se ha usado (en múltiples capas) para revestimiento de naves espaciales y como recubrimiento interno en refugios antinucleares.<sup>652</sup>

#### **3.4.6.2 Otros productos.**

(Debidos, principalmente al gran desarrollo del corcho en el período 1903-1910).

- Granulado (granalla)<sup>653</sup>, lana de corcho (1917-1918) y en polvo<sup>654</sup>.
- Tubos, cubos, bolas, etc.
- Alfombras de corcho: corcho granulado adherido a telas y pasados por la calandria.
- Tabla de corcho o corkboard: Mezcla de corcho pulverizado y pulpa de madera. Forma gruesas láminas y se utiliza como material aislante.<sup>655</sup>
- Linóleo<sup>656</sup> (*de linus oleum*): compuesto por:
  - Aceite de linaza.
  - Granalla de corcho.

Sobre un soporte de tejido grueso de yute, arpillera o lona.

Aparece por vez primera en 1884 en Inglaterra.

---

<sup>650</sup> Tolerancia de +/- 1,5 %.

<sup>651</sup> Tolerancia de +/- 2 %.

<sup>652</sup> Luis Velasco Fdez., op. cit., págs. 17-28.

<sup>653</sup> “(...) Corcho molido a varios tamaños, destinado al relleno de espacios muertos y cámaras de aire, con finuras desde 8/24 hasta 20/24 mm.” (Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 357).

<sup>654</sup> Partículas de corcho de granulometría igual o inferior a 0,25 mm.

<sup>655</sup> Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 277.

<sup>656</sup> Descubierto por F. Walter en 1863.



### 3.4.7 Utilidades, aplicaciones, usos.

Las aplicaciones más comunes son las siguientes:

- Tapamiento.
- Aislamiento térmico, acústico y vibratorio (maquinaria).<sup>657</sup>
- Uso del aglomerado de corcho en estructuras:

(...) Así, pueden ser utilizados ventajosamente en el aislamiento de los elementos estructurales tanto en posición vertical como inclinada u horizontal y situados hacia el exterior, centro o interior de dichos elementos. En relación con la disposición horizontal antedicha cabe resaltar el hecho de que en tal función los aglomerados de corcho no tienen parangón, por la perfecta simbiosis de su poder aislante y su elasticidad que les permite la continuidad del aislamiento al conservarse su geometría, por elástica recuperación, cuando es modificada por cargas estáticas o dinámicas a la que deben someterse normalmente (...)<sup>658</sup>

- Recubrimiento (losetas de paredes, techos y pavimentos<sup>659</sup>).
- Envases, suelas de zapatos, flotadores, salvavidas, embalajes, etc.
- Tabiques prefabricados.
- Juntas de dilatación.
- Obtención de productos químicos: suberina, ceras, friedelina, etc.

### 3.4.8 Adhesivos.

Las planchas utilizadas para recubrir paredes se pueden adherir con colas celulósicas (metilcelulosa, por ejemplo) e incluso vinílicas.

Cuando se trata de baldosas se utiliza la cola de contacto (neopreno).

*Adhesivos de poliuretano.*<sup>660</sup>

- PUR-1 (Poliol-di-isocianato).<sup>661</sup>

---

<sup>657</sup> Para aislamientos suelen utilizarse las planchas aglomeradas de granos más finos, pero a niveles industriales suele utilizarse en planchas o coquillas (piezas cilíndricas para proteger tuberías) pero de grana grande y color negruzco. Puede obtenerse una completa información sobre sus cualidades aislantes en Luis Velasco Fdez, “Ventajas del corcho como material aislante”, (I.N.I.A.), *Montes*, año XXXIII, n° 188, Madrid, 1977, Montes, Madrid, págs. 139-154.

<sup>658</sup> Indel Madrid, *op. cit.*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982, pág. 368.

<sup>659</sup> En los pavimentos no se utiliza el “tablero negro” porque no tiene la suficiente resistencia.

<sup>660</sup> Para más información sobre los aglutinantes de poliuretano vid. J. Julia, *op. cit.* págs. 179 –186.

<sup>661</sup> Es el que tiene mejores propiedades para aglutinar partículas de corcho.

- PUR-2 (Poliol-poliisocianato).
- PUR-3 (Poliol-poliisocianato bloqueado).

Parece ser que las características físicas del aglomerado realizado con resina de poliuretano son superiores a la de cualquier otro aglutinante.

Plastificantes como *Carbowax* (polietilenglicol) se utilizan mezclados con las colas, como la caseína, como aglutinante para corcho.

El corcho es un material que tiene una «adherencia elevada aún húmedo o engrasado superior a la de materiales antideslizantes, como el caucho o el cuero».<sup>662</sup>

### 3.4.9 Utilización del corcho como producto derivado de la madera.

- ***Para fabricar tableros*** (encolados a soportes más rígidos). La razón es la gran estabilidad dimensional que posee ya que, como hemos comentado, los plasmodesmos actúan como canales de interconexión entre las células, por lo que todas ellas se interrelacionan entre sí y el medio que las rodea:

Los materiales que no presentan esta interconexión (que sus células están cerradas) presentarán gran estanqueidad al paso de la humedad, aunque una vez dentro, esta saldrá muy difícilmente.

Esta resistencia a la difusión de la humedad que cuando varía grandemente la temperatura, el material aumenta tremendamente el volumen de aire aprisionado en dichas células, toda vez que la presión que tal circunstancia produce no se puede equilibrar al no existir una interconexión. El material habrá de tener una gran expansión, seguida después de una contracción, cuando la temperatura disminuya de nuevo.

(...) El aglomerado de corcho no sufre tales efectos, porque sus microcapilares permiten la igualdad de presión de aire en todo instante, conservándose constante su volumen. El corcho es estable porque *respirar*.<sup>663</sup>

- ***Para aligerar peso en listones*** (densidad de 0,15 a 0,20 g/cm<sup>3</sup>).

<sup>662</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 356.

<sup>663</sup> Luis Velasco Fdez, “Ventajas del corcho como material aislante”, (I.N.I.A.), *Montes*, año XXXIII, n° 188, Madrid, 1977, Montes, Madrid, pág. 150.

## 4 DEFECTOS CARACTERÍSTICOS DE LAS MADERAS.

Normas que podemos consultar si deseamos ampliar información:

- UNE-EN 844-8:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 8: Términos relativos a las singularidades de la madera en rollo.*
- UNE-EN 844-9:1997. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 9: Términos relativos a las singularidades de la madera aserrada.*
- UNE-EN 844-10:1998. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 10: Términos relativos a los hongos cromógenos y a otros ataques por hongos.*
- UNE-EN 844-11:1998. *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 11: Términos relativos a las degradaciones originadas por los insectos.*
- UNE-EN 1311:1998. *Madera aserrada y madera en rollo. Método de medida de las alteraciones biológicas.*

### 4.1 Generalidades.

El término defectos implica todo lo que disminuye tanto la calidad resistente como la estética perjudicando pues, su utilización.<sup>664</sup>

Dado que la madera es un producto natural, nunca estará libre de defectos e imperfecciones que pueden influir mucho, o poco, o incluso mejoran, a veces, el aspecto estético.

Los defectos pueden producirse en su estructura, forma, textura, color, etc., se evalúan mediante normas y los métodos de clasificación pueden ser visuales o mecánicos. De esta manera «se pueden conocer las características mecánicas de una pieza de madera sólo a través de su aspecto externo. Este hecho sería impensable en otros materiales estructurales».<sup>665</sup>

Determinar los defectos externos e internos de la madera por métodos mecánicos es algo que lleva haciéndose relativamente poco tiempo. En los países avanzados en tecnología de la madera, como Finlandia, llevan años

---

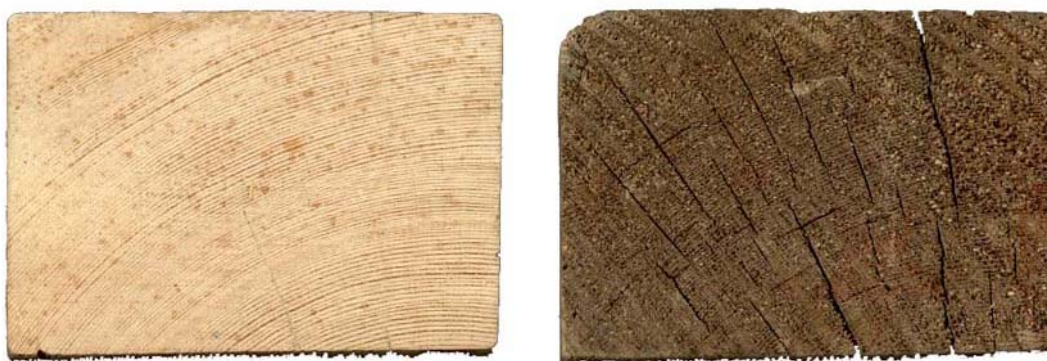
<sup>664</sup> La clasificación de la madera se basa en la presencia de defectos como fendas, nudos, etc.

<sup>665</sup>, Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994., pág. 51.

clasificando la madera por medio de tecnología y métodos no destructivos: microondas, radiación gamma, rayos X, imágenes tomográficas, de tal manera que puede detectarse el contenido de humedad, la densidad,<sup>666</sup> etc. Todo esto en lo que se refiere al interior de la madera. En el exterior se utiliza tecnología diferente como sensores para defectos, rugosidades, ondulaciones, superficies planas controladas por ordenador que procesan las imágenes. Utilizan sistemas como el «análisis de sombras y las medidas triangulares con láser»<sup>667</sup>

Si en vez de presentar los defectos que comentamos más adelante, la madera presenta ciertas características como: «la fibra vegetal recta, vertical y uniforme; la regularidad de los círculos anuales; el olor fresco y balsámico; la ausencia de grietas, fendas, oquedades y manchas; la superficie brillante, suave y sedosa de los cortes al hilo»<sup>668</sup> quiere decir que la madera está sana.

Los defectos pueden tener dos orígenes: naturales o por la acción del hombre (mecanización, etc.)



A la derecha, testa de madera de conífera atacada por agentes diversos: atmosféricos, hongos, etc. La muestra de la izquierda es la misma madera después de proceder a un potente lijado. Pueden apreciarse en ella, aún después de ese lijado, manchas que evidencian que el ataque fue profundo.

---

<sup>666</sup> “Finlandia”, Aitim. *Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 154.

<sup>667</sup> Idem, pág. 158. Se explica en qué consisten estos métodos.

<sup>668</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 254.

## 4.2 Atendiendo a la forma del tronco.

El aprovechamiento del tronco requiere de fustes todo lo derechos posible, siendo esta derecho muy apreciada para cualquier uso que se le de al tronco. Cuando esto no es así genera muchos problemas:

Las desviaciones de la línea recta tales como inclinaciones, deformaciones, combas y torceduras, disminuyen el valor y el volumen de la parte comercialmente útil del tronco y pueden aumentar los gastos de manipuleo y transporte.<sup>669</sup>

### 4.2.1 Curvatura o fuste curvado.

Normas: UNE 56511. Medida de la curvatura del fuste.

Antiguamente se aprovechaban en la fabricación de barcos y de coches tirados por caballos, por ejemplo. De esa manera sólo tenían que retocar la curvatura para hacer la pieza apropiada, teniendo así la pieza continuidad en sus fibras.

Dicha curvatura puede ser de dos tipos:

1. Curvatura plana (forma de sable): puede ser un defecto congénito o producido por el viento<sup>670</sup>, nieve, pendiente del terreno, etc. Suele darse en alerces y hayas.
2. Curvatura helicoidal: en los pinos, castaños de Indias, etc. Disminuye la resistencia de la madera cuando se emplea en forma de piezas rectas y en la madera de sierra.

### 4.2.2 Conicidad o Tronco cónico.

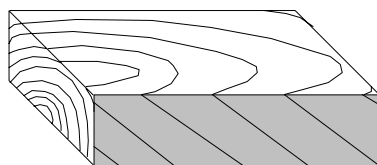
Normas: UNE 56511. Mide el factor de conicidad.

Debido a ella se producen *las vetas partidas*.

---

<sup>669</sup> Carin Ehrenberg, “Mejora de la calidad en los troncos de los árboles”, *Montes*, año XXIX, n° 173, Sept-Oct, 1973, Montes, Madrid, pág. 346.

<sup>670</sup> “Hay unos días de viento que vuelven del revés los paraguas de los árboles”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 239).



«El fuste del árbol, como consecuencia de la superposición del crecimiento en altura y el crecimiento en grosor, posee una forma que simplificada se puede suponer cónica».<sup>671</sup>

Se produce, sobre todo, en árboles que se encuentran aislados y tienen que reforzar la base del tronco para poder aguantar la fuerza del viento.

Suele darse en el alerce, en los pinos como el p. radiata: 6,3%, en el castaño: 19%, etc.<sup>672</sup>

El efecto que provoca es la pérdida de material al aserrar los troncos en la obtención de tablas o al obtener chapa por desenrollo, pues se produciría mucha chapa de cilindrado.

#### 4.2.3 Bifurcaciones.

Otras denominaciones: **Fuste ahorquillado. (Entrecasco. Corteza intermedia. Inclusiones de corteza. Bolsas con corteza. Entrecorteza Ahorquillado. Corazón múltiple. Doble corazón.)**

El origen está en la pérdida de la guía terminal por ataques de plagas, etc. Y una o varias ramas hacen su función.

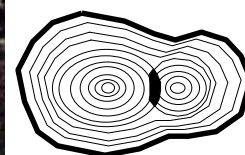
Se producen cerca de las heridas y producen lo que se denomina entrecasco: que consiste en un pedazo de corteza que está incluida dentro del leño.

<sup>671</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 135.

<sup>672</sup> J.I. Fernández-Golfín Seco et. al., “Caracterización de la madera de especies de crecimiento rápido”, *Montes*, nº 4, 2º trimestre de 1995, Montes, Madrid, pág. 15.

Se produce en los troncos que se sueldan entre sí, o al nivel de las horcaduras,<sup>673</sup> por eso también se le denomina ahorquillado. El ahorquillado se produce al formarse dos o más troncos en vez de uno solo.

Se denomina entrecasco o corazón múltiple cuando aparece cerca del suelo.<sup>674</sup>



Fuste ahorquillado.

Se producen varios efectos: una disminución de resistencia por la falta de continuidad, una pérdida de sección del tronco al bifurcarse en ramas, se produce madera de reacción, fibra ondulada, doble corazón o corazón múltiple y entrecasco.

También se puede producir en árboles con el tronco acanalado, en los que puede quedar incluida la corteza dentro de la madera.<sup>675</sup>

### 4.3 Defectos de constitución anatómica.

#### 4.3.1 Nudos.

Son defectos<sup>676</sup> de constitución y se producen por el nacimiento de las ramas. Al



Castaño de Indias. Nudo visible en la sección transversal.

<sup>673</sup> Philipe Bierling, op. cit., pág. 21.

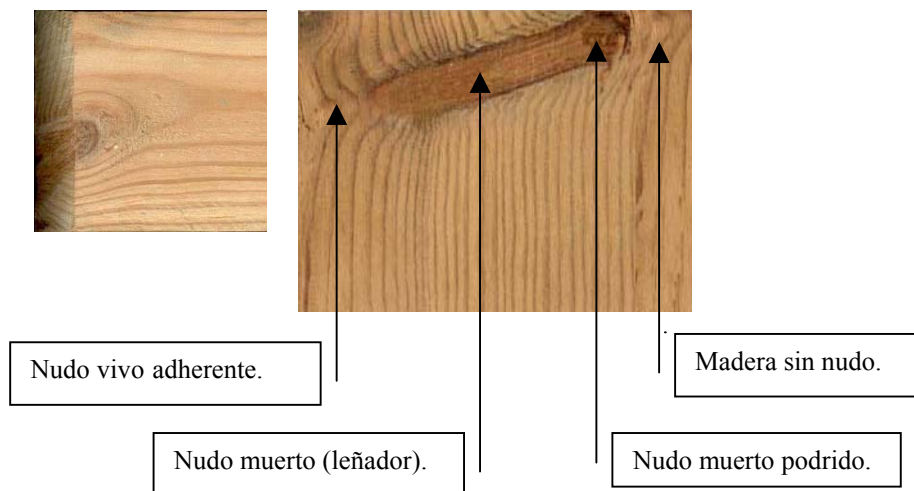
<sup>674</sup> Para más información vid. Franz Kollmann KOLLMANN, Franz, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, M° de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 26.

<sup>675</sup> Hugh Jonhson, op. cit., pág. 16.

nacer producen un desvío en las fibras de la madera, por eso se consideran defectos de la misma.<sup>677</sup> Luego el árbol aumenta su diámetro y la base de la rama va siendo envuelta por los nuevos anillos, quedando éstas encerradas en su interior.

Normas: UNE 56511. Medición de nudos.

Las diferentes secciones del nudo producidas donde señalan las flechas, originan los diferentes tipos de nudos:<sup>678</sup>



Es el defecto más frecuente y suele tener la forma de las ramas originales: troncocónicas, aunque según las distintas secciones adoptan formas diferentes que veremos más adelante.

Afectan a las propiedades mecánicas de la madera:

En elementos estructurales sometidos a flexión la influencia de los nudos depende, en gran parte, de su localización y del tipo de esfuerzo a que estén sometidos. Es decir, los nudos que están próximos a las zonas de las mayores tracciones, son un peligro cierto y grave para el elemento constructivo en cuestión. En cambio, cuando el nudo se encuentra en la zona de

<sup>676</sup> Realmente no es un defecto, sino que corresponde al desarrollo de la planta. Surgen los problemas al ser utilizada la madera, que es cuando pueden desprenderse por estar podridos, etc.

<sup>677</sup> Puede verse el *Esquema de las aplicaciones*, según la importancia de los nudos, de las diferentes partes de un árbol en Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 72.

<sup>678</sup> Para aclarar este punto puede consultarse el esquema de Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 170.



compresión, la pérdida de resistencia que experimenta el elemento es mucho menos peligrosa. Y en el esfuerzo cortante horizontal, los nudos tienen poco o ningún efecto.<sup>679</sup>

Pueden tener distintos orígenes: rama viva, rama muerta, rama gruesa accidentada, etc.

Todos estos defectos se refieren a su posición en la tabla o en el canto de la pieza aserrada.

Es más o menos grave dependiendo de cuando cortemos o se caiga la rama.



Diferentes vistas de dos nudos distintos de coníferas.

Si el nudo no se desprende y está sobre una pieza que no ha de resistir esfuerzos mecánicos, no es necesario eliminarlo salvo que fuera desproporcionado.

Si atraviesan a la tabla se les denomina *nudos pasantes*<sup>680</sup>, pero si no ocurre así, y se encuentra bien pegado a las fibras circundantes se les denomina *nudos adherentes*. «Los nudos



<sup>679</sup> Arredondo y verdú, op. cit., pág. 926.

<sup>680</sup> Si el nudo se desprende y es pasante se forma lo que se denomina “el ojal del nudo”, si no es pasante, se genera un hueco que se denomina “cavidad del nudo”.

son, pues, función del número de ramas del árbol y decrecen en especies cultivadas en espesura - vivero o bosque - y aumentan en ejemplares aislados. Las especies coníferas o resinosas presentan nudos verticilados a nivel y las frondosas los ofrecen alternados. »<sup>681</sup>

Los nudos se pueden clasificar de muchas maneras, atendiendo a su naturaleza, forma, tamaño, etc.

*Por su naturaleza:*

- Nudo sano o vivo: adherido perfectamente a la madera, es decir, la rama estaba viva.

- Nudo muerto: Nudo parcial o totalmente despegado. Cuando la rama muere o se corta, el muñón va siendo rodeado por anillos. Su perímetro es oscuro. Sus fibras no tienen cohesión y acaba cayéndose.



Sección tronco de conífera mostrando un verticilo.

- Nudo vicioso: afectado por la pudrición.

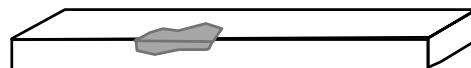
- Nudo con inclusiones de corteza: nudo rodeado de corteza.

Pueden atravesar las tablas perpendicularmente



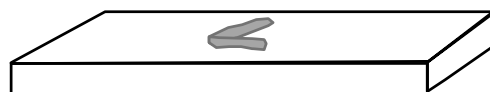
*Por su forma:*

- Nudo redondo



- Nudo ovalado

- Nudo alargado: aparece en la tabla longitudinalmente y en la arista.



- Nudo en forma de bigote: aparecen con forma de bigote sobre la tabla solamente.

<sup>681</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 257.

*Por su ubicación:*

- En la cara o tabla (ver nudo redondo y ovalado).
- En el canto: atraviesa los cantos perpendicularmente.
- En la arista: atraviesa las aristas.

*Por su agrupación:*

- Nudos aislados.
- Nudos agrupados: procedentes de 1 o 2 verticilos próximos.

*Por su tamaño:*

- Mínimos:  $\varnothing < 5\text{mm}$  “ojo de perdiz” (entre 3 y 6 mm).
- Pequeños: (entre 5 y 15 mm).
- Medianos o medios: entre 15-30 mm.
- Grandes o gruesos: entre 30-45 mm.
- Gigantes o muy gruesos: superiores a 45 mm.<sup>682</sup>

Los nudos están y han estado presentes en los soportes de madera de todas las épocas y países, pero siempre se ha puesto un especial interés en eliminarlos o, por lo menos, anular su acción.<sup>683</sup>

(...) con todo, ni las precauciones tomadas, ni las sanciones previstas han impedido los defectos de la madera en los paneles.

Así reemplazados por una pasta de cola y aserrín o por una pieza de madera, los nudos se encuentran en los soportes de todas las escuelas.

Tanto chopos como álamos y castaños, ofrecen una superficie menos lisa que la ofrecida por los robles de las escuelas del norte de Francia y Flandes. No en vano, en Portugal, que tiene

---

<sup>682</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 257.

<sup>683</sup> Vid. Cennino Cennini, *El libro del arte*, Ediciones AKAL, S.A., Madrid, 1988, Cap. CXIII, pág. 153.

la mayor parte de sus paneles del siglo XVI en madera de castaño, posee las maderas más nudosas.<sup>684</sup>

La presencia de nudos en piezas de madera disminuye sus características de resistencia mecánica, sobre todo cuando se trata de estructuras (bastidores, por ejemplo).

#### **4.3.2 Agallas, grietas resinosas, fajas de savia, canales de látex y acumulaciones minerales.**

• Agallas: Se producen por la picadura de ciertas especies de avispas sobre encinas y robles melojos, principalmente. El árbol, ante esta agresión produce una excrecencia de forma esférica, de unos dos centímetros de diámetro. La avispa deposita en su



Agallas de encina.

interior un huevo. Existen más de 200 variedades de agallas. Por su contenido ácido (tánico, gálico) fueron empleadas en la preparación de las tintas denominadas ferrogálicas.<sup>685</sup>

•Grietas resinosas o bolsas de resina: Cavidades entre las fibras (dentro de un anillo) que están llenas de resina. Acumulaciones en longitudes superiores a 30 mm hacen que se rechace la madera y también cuando estas bolsas tienen una separación entre sí menor de 20 cm.



Su proliferación potencia el desarrollo de parásitos y ensucia las herramientas.

Sólo aparecen en las coníferas con canales resiníferos.

Especies típicas: Pinos, abeto Douglas, etc.

<sup>684</sup> Manuel Prieto Prieto, op. cit., pág. 171.

<sup>685</sup> También denominadas tintas metalogálicas y tintas tánicas.

De forma alargada. No son evidentes hasta que la sierra se pone en marcha.

Algo similar ocurre con las gomas y las fajas de savia (sap streaks).

- Canales de látex: El más conocido procede del *Hevea brasiliensis*., de él se obtiene el caucho.

- Acumulaciones minerales o (estrías minerales).: Proceden de la savia y acaban formando depósitos cristalinos muy duros que estropean las sierras:

Las raíces de un árbol extraen del suelo agua y sales minerales. Las sales que se disuelven en el agua formando la savia, frecuentemente precipitan luego formando depósitos cristalinos. En algunas especies (afzelia) estos depósitos calcáreos constituyen un grave defecto y un serio peligro en el aserradero.<sup>686</sup>

Son comunes los cristales de oxalato cálcico y sílice (Iroko, ukola)..

#### 4.3.3 Alteraciones de color de la madera.

Puede ser útil en la fabricación de muebles o trabajos de taracea.

- Doble albura. Alburas. Lunulados.*<sup>687</sup> *Heladura anular. Anulamiento.*

Son zonas en forma de anillo y de color más claro que las fibras que la rodean. Ocasionados por heladas intensas que impiden a la albura convertirse en duramen.

Especies en las que se aprecia: roble y algunas coníferas como el alerce.

Cuando dos o más anillos no se duraminizan o lignifican a tiempo. La madera que queda es madera tierna entre anillos duros. Se produce por heladas en primavera o en otoño.

- Núcleo falso. Duramen falso. Núcleo rojo. Corazón rojo de haya.*

---

<sup>686</sup> Hugh Johnson, op. cit., pág. 17.

<sup>687</sup> Del latín *lunula*, diminutivo de luna. Figura compuesta por dos arcos con la convexidad hacia el mismo lado.

En la madera de haya no existen diferencias entre el duramen y la albura, cuando la zona central aparece de color pardo es porque ha sido atacada la madera por hongos xilófagos.

Esta coloración no afecta a las propiedades de la madera:

El corazón rojo no afecta generalmente a las propiedades físicas y mecánicas de la madera, pero su desagradable olor a rancio, la hace desechable.<sup>688</sup>

- *Corazón gris de haya.*

Producido también por hongos xilófagos.

*Corazón negro del fresno o duramen pardo:*

No se conoce la causa. Tiene forma de cuña o huso y se aprecia a lo largo de todo el tronco hasta las raíces.

- *Azulado.*

No disminuye resistencias.

Producido por un ataque de hongos. Los micelios penetran en la albura y se nutren de las sustancias de reserva del parénquima.



Es imposible detener este ataque por medio de impregnaciones en la superficie.<sup>689</sup>

#### **4.3.4 Pasma.**

Se produce por sequías, fríos intensos, genética, etc. que hacen que el árbol se debilite. La madera se rompe sin astillarse.

Especies propensas: haya.

---

<sup>688</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit.,pág. 67.

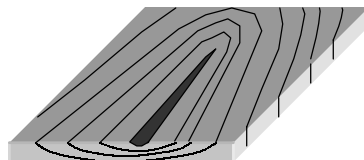
<sup>689</sup> Idem, pág. 89.

La entrada de aire en los vasos hace que estos se cierren completamente y se interrumpe la circulación de la savia. La madera adquiere una coloración grisácea.

#### **4.3.5 Madera esponjosa.**

Se trata de madera con poca cohesión ( médula) entre sus fibras, que se da principalmente en los tejidos de la médula.

Corresponde al tallo inicial, alrededor del cual se produce el crecimiento en espesor. Su estructura anatómica es distinta a la del resto de la madera



y el problema de su presencia no radica en su influencia en la resistencia global de la pieza sino en que la madera de su proximidad es madera juvenil.<sup>690</sup>

#### **4.3.6 Madera de trepa.**

Sucede cuando las yemas no brotan y quedan recubiertas por los anillos. Al cortarlas aparecen dibujos muy apreciados en el chapeado, formando ondas y otras figuras. Las más caras y conocidas son las de arce, llamadas trepas de ojo de pájaro.<sup>691</sup>

### **4.4 Defectos por daño o enfermedad.**

#### **4.4.1 Muérdago.**

Las raíces del muérdago penetran en la madera y generan agujeros pequeños.

#### **4.4.2 Oquedades. Úlcera. Llaga.**

“Por esos agujeros que tienen los árboles socavados y vueltos como orejas de feto o hurón es por donde oye el árbol.”

*Greguerías Forestales.* Ramón Gómez de la Serna.

---

<sup>690</sup> Según norma UNE 56544: 1997.

<sup>691</sup> Muy conocidas por el término inglés *birds-eyes-maple*.

La acumulación de savia en estas zonas dificulta la circulación haciendo que forme una tumoración.

#### **4.4.3 Daños por el rayo, la nieve, el viento.**

Sufren daños por el rayo con mayor frecuencia los árboles de gran porte que, por tanto, suelen ser los más valiosos. También cae con preferencia sobre los que contienen más agua.

El rayo produce una grieta todo lo largo del tronco.

Especies más propensas, según Kollmann: en las frondosas: robles, chopos<sup>692</sup>, perales, olmos, sauces, robinias, fresnos. Entre las coníferas: pinos silvestres, pinabetes o abetos rojos.<sup>693</sup>

El nogal es otra especie propensa. Las menos propensas son hayas, fresnos, castaños, tilos, alisos, acacias y cerezos. Los que se consideran inmunes son el alerce, abedul, olivo, naranjo e higuera.<sup>694</sup>

El efecto de la nieve y el viento es que su peso o su fuerza, rompe ramas, la guía o las tuerce o las arranca, generando daños irreparables.

#### **4.4.4 Quemaduras de la corteza: fuego, sol, etc.**

Los árboles aislados de corteza fina son más vulnerables a sufrir quemaduras en ella.

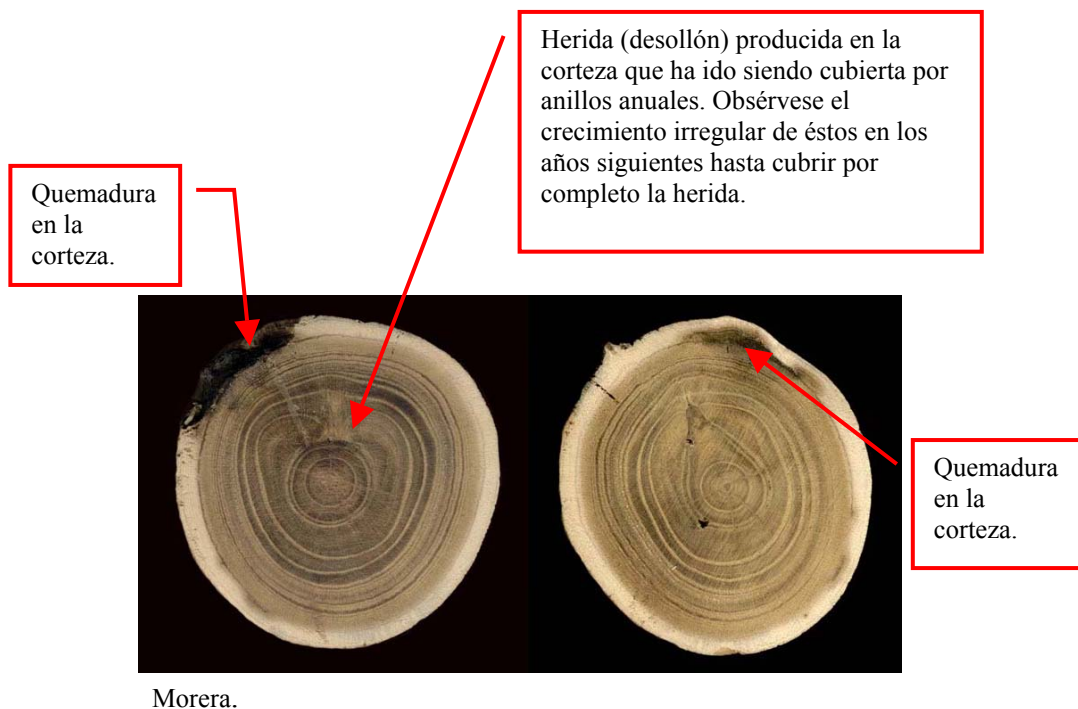
---

<sup>692</sup> “ Cuando el viento cimbreo mucho a los chopos parecen plumas que escriben” (*Greguerías*. Ramón Gómez de la Serna, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 8). “Cuando todo el chopo alto suena totalmente moviendo todos sus crótalos, parece que llueve copiosamente.” (*Greguerías Forestales*. Ramón Gómez de la Serna.)

<sup>693</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 37.

<sup>694</sup> Según *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana*, Editorial Espasa Calpe, S.A., 1975, pág. 1306.





#### 4.4.5 Daños producidos por xilófagos (insectos y hongos). Pudrición parda. Pudrición blanca.

Las carcomas y demás xilófagos excavan galerías y hacen inservible la madera.<sup>695</sup>

Los hongos suelen estar provocados por una humedad en exceso, pero si la madera está saturada de agua no tiene suficiente aire para que se desarrollen los necesitan una pequeña cantidad de aire.

La humedad que favorece el ataque de hongos se sitúa entre 35 – 50% y la madera con una humedad inferior al 20%, es prácticamente inmune.

La temperatura ideal para el desarrollo del



Encina atacada por xilófagos.

<sup>695</sup> “La carcoma con su pequeño sacacorchos va descorchando los muebles”, “Los muebles con carcoma adquieren oído y oyen hasta lo que dice el silencio”, “La carcoma nació de la indignación de los muebles por el silencio medieval”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 137 y 200).

hongo se sitúa entre los 20 – 30 ° C.



Nogal  
atacado por  
xilófagos

Vemos pues que para que los hongos prosperen necesitan alimento, cierto grado de humedad, oxígeno (procedente de la atmósfera) y temperatura adecuada:

La madera desecada y mantenida con un contenido de humedad del 20% en sitios bien ventilados es inmune contra los ataques de hongos, y su duración sería indefinida de no ser atacada por los insectos y sometida al desgaste mecánico.<sup>696</sup>

El pH idóneo está entre 4,5 y 5,3, es decir maderas con pH ácido.

En cuanto a la luz, ésta retrasa su desarrollo.<sup>697</sup>

Los hongos actúan de dos maneras sobre la madera: alterando su color y pudriéndola.

Pudrición parda: la parte afectada no tiene resistencia pero se mantiene sólida.

Pudrición blanca: La madera se vuelve blanda.

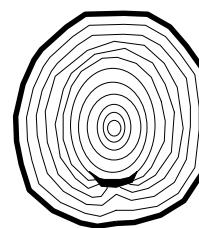


Hongos que se desarrollan en la corteza.

#### 4.4.6 Desollones.

Heridas que han sido absorbidas por el crecimiento del leño y al apelar o aserrar el tronco aparecen entre los anillos.

Puede verse el aspecto de este daño en la fotografía de dos muestras de morera que vimos anteriormente.



### 4.5 Defectos en la mecanización y/o manipulación.

- Daños de tala y transporte.

<sup>696</sup> Véase “Concepto erróneo n° 2: toda madera se desintegra, naturalmente, con el tiempo”, *Montes*, año II, n° 9, Mayo-Junio, 1946, Montes, Madrid, pág. 272.

<sup>697</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 127.

Daños que se producen al apear el árbol por efecto de su caída al suelo o sobre otros árboles y daños accidentales en su cara y decarga.

- Gema.

También llamada **Mengua**<sup>698</sup>. **Extremo menguado.**

Cualquier defecto en el borde de una pieza de madera. Cuando la sierra no toca parte de la troza. La pieza no presenta todas sus caras perfectamente escuadradas o en *arista viva* debido a la falta de madera o a la presencia de corteza.

- Deformaciones.

Defectos producido por el secado: Combadura, abarquillado, torcedura o alabeo, etc.<sup>699</sup>

Fibra diagonal (diagonal grain): la produce la mala utilización de la sierra que produce planos que no son paralelos a la dirección de la fibra. Los anillos forman un ángulo respecto al eje de la tabla, listón, etc.

- Daños de almacenamiento.

Humedad excesiva.

Coloraciones (azulado, etc.) aparecen por ataque de hongos. Aunque productos relativamente recientes previenen eficazmente el azulado: el xylophene T.A.B.2. de la empresa francesa xylochinie.

- Daños por limpia natural, artificial o accidental.

Defectos de poca importancia generalmente.

- Rozaduras (piedras, coches, etc.)

Defectos accidentales.

- Presencia de cuerpos extraños (clavos,



Rastro dejado  
por un clavo

<sup>698</sup> En inglés se usa el término “wane”.

<sup>699</sup> Se estudia con más detenimiento en *Aprovechamiento de la madera*.

grapas<sup>700</sup>, alambres, metralla, etc.)

La madera pierde calidad. Afecta a las herramientas de corte.

## 4.6 Defectos relacionados con la fibra.

### 4.6.1 Troncos revirados.

Otras denominaciones: **Fibra en espiral. (Spiral grain). Torsión de fibra. Fibra irregular. Fibra revirada. Desviación de fibra. Fibra torcida. Vetas. Fibra entrelazada. Madera veteada. Veteado irregular. Veta torcida.**

Desviación de las fibras respecto al eje del árbol. Las fibras exteriores crecen más que las interiores y adquieren forma de hélice alrededor del eje.



Troncos revirados de castaños de Indias. Ciudad Universitaria.

No se debe a factores externos sino a causas individuales,

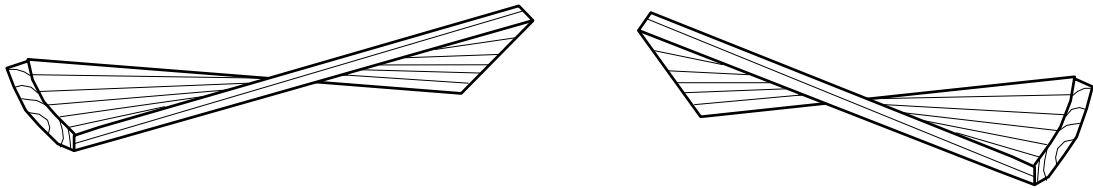
aunque no está demasiado claro.<sup>701</sup> Suele ser frecuente en árboles gruesos y vigorosos.

Sólo puede usarse en rollo, con precaución y nunca en piezas aserradas. Suelen presentar troncos torcidos.

<sup>700</sup> “En los recreos de la noche y en los puestos de refrescos se abusa de los árboles clavando en ellos la larga lista de los precios de las consumiciones. El noble árbol lo soporta; pero todos vemos lo abusivo que es eso y cómo es igual que un *INRI*, un largo *INRI* del árbol, algo tan denigrante para el árbol como es para el hombre anunciador el llevar el anuncio en la espalda.” (*Greguerías Forestales*. Ramón Gómez de la Serna.)

<sup>701</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 30.

La madera no se puede trabajar bien y origina lo que se denomina *repelo* o el desgarramiento o levantamiento de la fibra y la constante interrupción de la fibra. Esto trae consigo la pérdida de resistencia y de valor del tronco.



Cuando se seca, la madera se tuerce.

Es corriente en el roble, castaño, pino silvestre, carpe, pinabete, hayas, castaño de Indias, etc. Apenas se produce este efecto en chopos, sauces y alisos.

#### 4.6.2 Fibra ondulada.

Otra denominación: **Madera repelosa.**

La fibra no sigue una línea más o menos recta y paralela al eje del árbol, sino que produce líneas onduladas.



Verrugas de la corteza.

Esto es problemático a la hora de cepillar las tablas, pues se produce repelo, pero su aspecto es buscado en la industria del mueble.

#### 4.6.3 Fibra entrelazada.

Otra denominación: **Madera amorfa.**

El cambium origina fibras que están inclinadas con respecto al eje y que cada año lo hace en un sentido diferente.

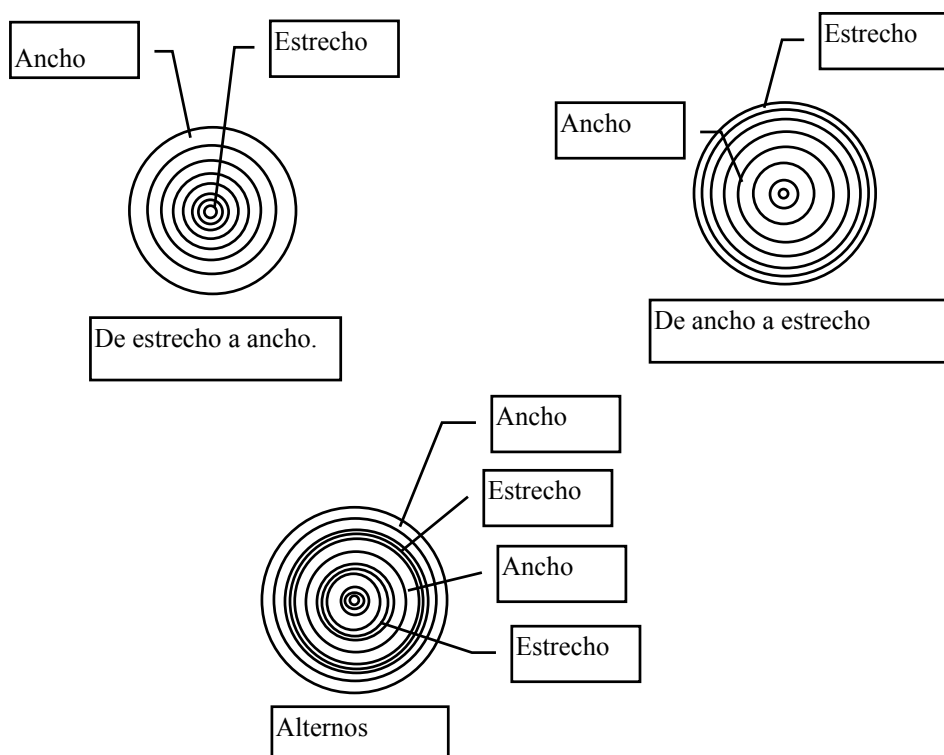
Origina unos efectos muy buscados para la obtención de chapas decorativas: Moquetas, raíz, verrugas y lupias o lupas.<sup>702</sup>

## 4.7 Defectos relacionados con el crecimiento del cambium.

### 4.7.1 Anillos irregulares o irregularidad de espesor de los anillos.

Producidos por cambios bruscos de condiciones selvícolas: humedad e insolación. Favorece el alabeo.

Kollmann contempla varias posibilidades:<sup>703</sup>



<sup>702</sup> Para más información vid. Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, M° de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 146. En el caso de las verrugas y las lupias el defecto se aprovecha comercialmente para la obtención de chapa muy valiosa: Nogal, olmo, abedul y tuya, por ejemplo. Consiste, la madera amorfa, en que las fibras se orientan en todas las direcciones. Se producen en el tronco o en las ramas y presentan el siguiente aspecto: «las lupias tienen forma globular y superficie lisa. Las verrugas tienen forma irregular con superficie erizada de asperezas cónicas. Ambas dan lugar a una alteración de la estructura de la madera con fibras entrelazadas irregularmente» (Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 929).

<sup>703</sup> Kollmann, op. cit., pág. 27.



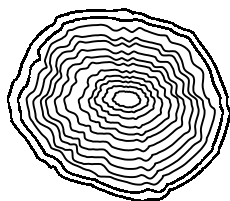
Un defecto importante es el denominado ***madera juvenil*** y afecta a lagunas coníferas en sus primeros anillos de crecimiento, presentándolos anormalmente anchos. Provoca valores anormalmente altos en la contracción longitudinal.

#### 4.7.2 Anillos festoneados.

La madera de estos ejemplares suele ser de gran calidad y robustez.

En el aserrado tangencial da una veta muy interesante y por esos es una madera muy apreciada.

Suele darse en el abeto rojo.<sup>704</sup>



#### 4.7.3 Crecimiento excéntrico.

También denominado: **Crecimiento curvo. Corazón descentrado. Excentricidad del corazón.**

Se debe a vientos dominantes o a que crecieron en grandes pendientes, que curvaron el fuste y produjeron *madera comprimida* en una zona y *madera extendida* en la opuesta.

Se origina una madera muy dura pero heterogénea.

La médula no se sitúa en el centro del tronco (vista en su sección transversal) y aparecen anillos muy estrechos en una zona y muy anchos en la opuesta.



Fuste torcido.

También ocurre que la zona del

---

<sup>704</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 141.

árbol a la que le da más el sol se desarrolla con más rapidez que la parte a la que no le llega:

(...) Halla su explicación por la influencia del sol en el desarrollo del árbol. La parte expuesta al sol se desarrolla más rápidamente que la parte de sombra, orientada al Norte. Las células de los anillos anuales son más dilatadas y por consiguiente se produce un ensanchamiento del anillo. En cambio, en la parte norte, al no dilatarse las células, los anillos están más apretados, por lo que la madera es más dura y compacta, resultando por ello de más calidad.<sup>705</sup>

Los listones obtenidos de estas maderas se alabean con el secado.

Los efectos más importantes que se producen son:

- **La tableadura:** Se aprecia en la sección transversal y consiste en la diferencia de diámetros en dos direcciones perpendiculares.<sup>706</sup>
- **Madera de reacción (MR): Madera de tracción (MT) y de compresión (MC).**

Es una modificación de la madera que suele darse en troncos curvados (en un intento por equilibrar ramas y tronco)<sup>707</sup>.

Madera de “reacción” es un término común a frondosas y coníferas.

Esta madera aparece en la zona superior de las ramas o del tronco inclinado (madera de tracción o de tensión), en el caso de las frondosas y en la zona inferior (madera de compresión), en el caso de las coníferas.



Madera de compresión en un pino.

Se produce, en general, en troncos con crecimiento excéntrico.

<sup>705</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 13.

<sup>706</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 142.

<sup>707</sup> Vid. José Luis García de Ceca Valero, “La madera de compresión”, *Montes*, nº 4, Enero, 1985, Montes, Madrid, págs. 42-45 y Franz Kollmann, op. Cit., pág. 28.



En el caso de las frondosas se le denomina “madera de tensión” (MT) porque el árbol sufre esfuerzos de tensión en esa parte superior del tronco o de las ramas. En el caso de las coníferas se le denomina MC por “madera de compresión”.

Cabe señalar que, dado que la madera de conífera es más usada estructuralmente, los estudios de estos tipos de madera la señalan como más importante que las de tracción.<sup>708</sup>

Este defecto es fácilmente apreciado en la sección transversal. Puede observarse el crecimiento excéntrico que se comentaba en el punto anterior.

Características de la madera de compresión:

- Anillos anuales irregulares: más anchos por un lado que por los otros.
- Coloración oscura debido a la lignina y que la protege de los xilófagos. Tiene pues, menos celulosa.
- Es una madera que aumenta la resistencia a la compresión.
- La contracción longitudinal es muy superior a la normal y presenta mayor “juego” que la madera normal.

Especies características: Ginkgoales, Coníferales y Taxales.<sup>709</sup>

En Canadá, Forintek ha desarrollado tecnología para localizar este tipo de madera, antes de que entre en los secaderos, por medio de ultrasonidos.<sup>710</sup>

## **4.8 Defectos producidos por causas diversas.**

### **4.8.1 Fendas.**

Otras denominaciones: **Fendas de merma**<sup>711</sup>. **Agrietamiento (aberturas).**

Pueden definirse de manera general como grietas longitudinales producidas por la separación de los tejidos en el sentido de la fibra, por que una capa de tejido se contrae sobre otra incapaz de seguir ese movimiento.

---

<sup>708</sup> García de Ceca Valero, op. Cit., pág. 42.

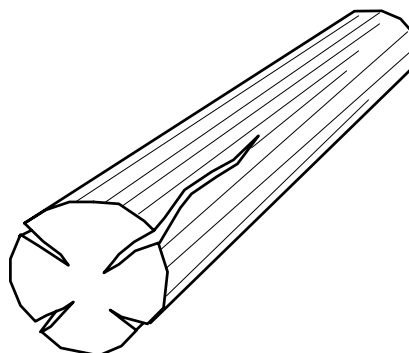
<sup>709</sup> Idem., pág. 44.

“Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 90.

<sup>711</sup> También se usan los términos ingleses “check” y cheking of wood”.

Ocupan en el tronco distintas posiciones según su origen. Son de diversos tamaños y con aspectos muy diferentes.

Pueden ser visibles o no antes de apeaar el árbol y pueden producirse en el árbol en pie o después de apeado, sobre todo en los descortezados y principalmente durante el verano.



#### 4.8.1.1 Fendas de heladura.

También se les llama: **Agrietamientos por heladas. Heladuras. Grietas por acciones crioscópicas. Atronaduras.**

Se producen con el árbol en pie. Con el frío las capas exteriores se contraen más que las interiores.

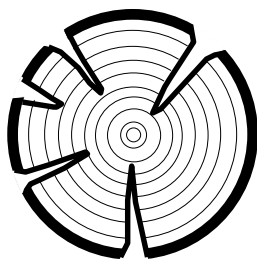
Suele suceder en el haya, roble, fresno, tilo, etc.

Teniendo dirección radial «son más estrechas junto a la médula y pueden ser recubiertas al seguir progresando el desarrollo del árbol»<sup>712</sup>

Afectan fundamentalmente a la albura y, según las normas UNE, se reconocen porque la madera adyacente suele ser de un color más oscuro que el resto.<sup>713</sup>

#### 4.8.1.2 Desecación exterior.

Otros nombres: **Fendas de desecación o de merma. Fendas de insolación.**



Fendas de desecación exterior o de merma.



Fendas que se producen en castaños de Indias por falta de corteza.

<sup>712</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., 929.

<sup>713</sup> UNE 56544:1997. *Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural.*

Esto ocurre en especies con la corteza muy fina en las que el sol produce «un desequilibrio higrométrico de las distintas capas que determina la aparición de grietas únicas o múltiples»<sup>714</sup>

Posteriormente pueden producirse pudriciones.

#### 4.8.1.3 Desecación interior.

También denominadas: **Fendas internas.**

Suele producirse con el árbol vivo y se localiza en la médula o a partir de ella.

Habitualmente sólo reconocibles en la sección transversal, debidas a un secado excesivamente rápido y normalmente asociadas a un colapso y a fendas superficiales. Aparentes o no.<sup>715</sup>

- **Grieta radial simple.**

Grieta que tiene dirección radial. **Fenda radial.**

- **Cuadranura.**

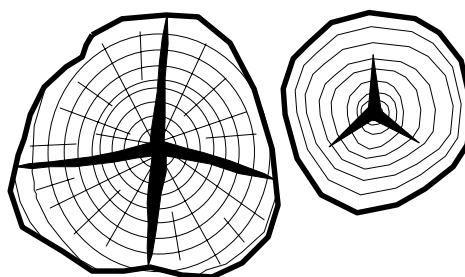
Otras denominaciones: **Grieta múltiple en pata de gallina. Pata de gallina de los árboles. Heartshake o Star shake.**

Es un grupo de fendas que parten de la médula y llegan, o no, hasta la corteza, adquiriendo, pues, distintas longitudes. Suelen tener forma de estrella.

Suele darse en árboles ya decrepitos, pero puede deberse también a la pudrición de la madera o a un secado muy rápido de piezas ya escuadradas.



Grietas radiales en madera de encina. Corte transversal en el que puede apreciarse la médula.



Grieta múltiple en pata de gallina

<sup>714</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 256.

<sup>715</sup> UNE 56544:1997. *Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural.*

- **Corazón hueco.**

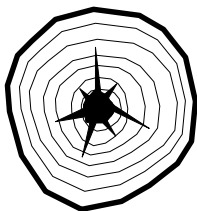


Tocones ya degradados.

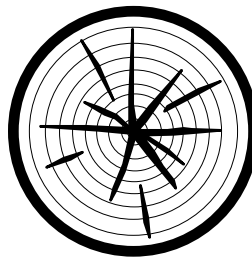
Puede llamársele también : **Corazón estrellado o abierto. Corazón partido. Núcleo estrellado.**

Sucede en la médula cuando el árbol es senil. Aparecen grietas radiales y acaba por vaciarse internamente. Afectan tanto al duramen como a la albura.

Durante el proceso de secado. Fendas de contracción.



Viejo tronco con el corazón hueco



Corazón partido, estrellado o abierto



Tocones degradados.

Fendas que aparecen durante el proceso de secado, siendo las más numerosas. Sobre todo se da en las coníferas pero también en madera con propiedades de contracción irregular.<sup>716</sup>

*Fendas de testa:* Progresan longitudinalmente desde los extremos de la pieza, debidas a un secado muy rápido pero también se pueden formar por tensiones de crecimiento o por la presencia de madera de reacción en un canto.<sup>717</sup>

*Friabilidad:* Producida por un proceso de secado muy rápido que puede ser debido a que la temperatura exterior era muy alta.

*Colapso. Aplastamiento celular.*

Es el aplastamiento o contracción brusca de las células cuando se producen huecos por evaporación brusca del agua y no le da tiempo de rellenarlos con aire. La presión aplasta las células.

Se evita con un proceso de secado coherente.<sup>718</sup>

#### **4.8.1.4 Fendas de apeo.**

Producidas al apearse el árbol, por el desgarramiento de las fibras al caer el árbol.

#### **4.8.2 Acebolladura.**

Otros nombres: **Fendas anulares. (Ring shake). Colaña. Colaína. Madera colañosa.**

Defecto consistente en una grieta o fenda cilíndrica entre dos anillos consecutivos, que sigue su misma dirección. Producidos porque se desarrollan a velocidades distintas (crecimiento irregular). Se produce en el árbol vivo.

---

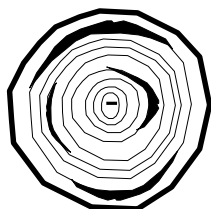
<sup>716</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 489.

<sup>717</sup> UNE 56544:1997. *Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural.*

<sup>718</sup> Vid. cap. correspondiente.

Es muy grave ya que produce una falta de cohesión interna e inutiliza la pieza.

A veces se debe a la acción del deshielo o el viento. «También pueden ser debidas a pudriciones causadas por hongos (*Trametes pini*), e incluso a roeduras producidas por ciertas hormigas. »<sup>719</sup>



Las tablas acaban rompiéndose en varios trozos.

---

<sup>719</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 36.

## 5 LA MADERA Y LOS ADHESIVOS.

Pueden consultarse las siguientes normas.

- UNE-EN 204:1993. *Clasificación de adhesivos no estructurales para uniones de madera y productos derivados de la madera.*
- UNE-EN 205:1993. *Métodos de ensayo para adhesivos para la madera de uso no estructural. Determinación de la resistencia a la cizalladura de tracción de juntas solapadas.*
- UNE-EN 301:1994. *Adhesivos Para estructuras de madera bajo carga. Adhesivos de Policondensación de tipos fenólicos y aminoplásticos. Clasificación y especificaciones de comportamiento.*
- UNE-EN 302-1:1994. *Adhesivos Para estructuras de madera bajo carga. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la resistencia del pegado a la cizalladura por tracción longitudinal.*
- UNE-EN 302-2:1994. *Adhesivos Para estructuras de madera bajo carga. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la resistencia a la delaminación.*
- UNE-EN 302-3:1994. *Adhesivos Para estructuras de madera bajo carga. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la influencia de los tratamientos cíclicos de temperatura y humedad sobre la resistencia a la tracción transversal.*
- UNE-EN 302-4:1994. *Adhesivos Para estructuras de madera bajo carga. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la influencia de la contracción sobre la resistencia a la cizalladura.*
- UNE-EN 542:1996. *Adhesivos. Determinación de la densidad.*
- UNE-EN 543:1996. *Adhesivos. Determinación de la densidad aparente de adhesivos en polvo y grana.*
- UNE-EN 827:1996. *Adhesivos. Determinación del contenido en sólidos convencional y del contenido en sólidos a masa constante.*
- UNE-EN 828:1999. *Adhesivos. Mojabilidad. Determinación por medida de ángulo de contacto y de la tensión superficial crítica de la superficie sólida.*
- UNE-EN 923:2000. *Adhesivos. Términos y definiciones.*<sup>720</sup>
- UNE-EN 924:1995. *Adhesivos. Adhesivos con base disolvente y exentos de disolvente. Determinación del punto de inflamación.*
- UNE-EN 1066:1997. *Adhesivos. Toma de muestras.*
- UNE-EN 1067:1997. *Adhesivos. Examen y preparación de muestras para ensayo.*
- UNE-EN 1464:1996. *Adhesivos. Determinación de la resistencia al pelado en juntas pegadas de alta resistencia. Método del rodillo móvil.*
- UNE-EN 1465:1996. *Adhesivos. Determinación de la resistencia a la cizalladura por tracción de juntas pegadas de substratos rígidos.*
- UNE-EN ISO 9665:1996. *Adhesivos. Colas animales. Métodos de toma de muestras y ensayo.*
- UNE-EN ISO 10365:1996. *Adhesivos. Designación de los principales modelos de rotura.*

---

<sup>720</sup> Norma fundamental en el ámbito de los adhesivos ya que ofrece una enorme cantidad de términos relacionados con los adhesivos y sus propiedades.

- UNE-EN 29142:1995. *Adhesivos. Guía para la selección de condiciones normalizadas de envejecimiento en laboratorio al ensayar juntas pegadas.*

## 5.1 Generalidades.

Trabajar con madera, o materiales derivados de ella entraña una serie de manipulaciones de las que van a depender el éxito de nuestros trabajos. Estas manipulaciones van desde las operaciones selviculturales como el señalamiento de los árboles que se van a extraer del monte, su correcto apeo (y todas las operaciones que conlleva), el despiece de las trozas, su adecuado secado, tratamientos en función del uso, hasta el ensamblaje de las piezas, su encolado, etc.

Todo esto trae consigo precisas e importantes manipulaciones que hay que conocer. El encolado es una de las más importantes dado el riesgo tan grande que supone el hacer encolados defectuosos (sobre todo a niveles estructurales):

El encolado es, en diversos aspectos, la unión ideal para la madera. Permite la formación de piezas de madera con cualquier grueso, sin debilitaciones de sección, con juntas indeslizables y con una resistencia equiparable a la de la pieza de madera entera.<sup>721</sup>

El encolado consiste en la unión de dos sustratos (de madera o de productos derivados de ella, en este caso) por medio de un tercer elemento que es el adhesivo. Así visto parece sencillo, pero los comportamientos de sustratos y adhesivos no siempre lo son: «La filosofía de las uniones es que nunca deben ser más débiles que el propio material de base.»<sup>722</sup>

Cada material comporta unas características determinadas<sup>723</sup>, sucediendo lo mismo con los distintos tipos de adhesivos. Unos y otros están concebidos para unas situaciones determinadas y no para otras. Es importante conocer las características y comportamientos de estos

---

<sup>721</sup> *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971., pág. 343.

<sup>722</sup> *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 196, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1998., pág.128.

<sup>723</sup> Nos referimos a la madera y sus derivados.



materiales<sup>724</sup>, así como las condiciones particulares de aplicación de los adhesivos

que van a intervenir:  
proceso de curado,  
temperatura,  
naturaleza de los sustratos,  
tensión superficial,  
presión



Ensayo de viscosidad  
(Adhesivos - Barnices - Masillas)

Cortesía Colas Otaduy, S.A.



Ensayo de cizalladura  
(Adhesivo)

Cortesía Colas Otaduy, S.A.

necesaria, etc. También lo es conocer las situaciones y ambientes a los que van a estar sometidos: estructural o no, interior o exterior, etc.

Aquí no nos vamos a ocupar de explicar los fenómenos de adherencia, es decir, el porqué de las uniones adhesivas, ni los problemas que conlleva de tensión superficial, humectación, etc., así como tampoco de los comportamientos de las uniones frente a determinados esfuerzos o factores que pudieran influir en dichas uniones. Todo ello está lo suficientemente bien estudiado y de ello se han ocupado muchos autores.<sup>725</sup> Por nuestra parte veremos,



Cortesía Colas Otaduy, S.A.

<sup>724</sup> Las antiguas colas solían descomponerse por la acción de la humedad. Esto traía consigo que las uniones cedieran. Los adhesivos actuales han superado todo esto, consiguiendo que se rompan los sustratos antes que las líneas de cola.

<sup>725</sup> Sobre el tema vid., F<sup>co</sup>. Liesa y L. Bilurbina, *Adhesivos Industriales*, págs. 15-27. Margarita San Andrés Moya, *Aplicación de resinas sintéticas en la conservación y restauración de obras de arte*, págs. 7-19. José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, *Química de los materiales para la ingeniería aeronáutica*, págs. 188-198; "Nuevas tendencias en los adhesivos empleados en tableros". *Aitim. Boletín de Información*

eso sí, de forma muy esquemática, algunas características de estos materiales, en qué ocasiones deben emplearse, o han sido empleados (por ser hoy obsoletos), cómo se produce el secado (fraguado) y, en consecuencia, la formación de la película de adhesivo, en fin, cuáles son los más apropiados para cada situación.

Hemos preferido abrir este capítulo y hablar de los adhesivos que intervienen en los distintos procesos de fabricación y no hacerlo exhaustivamente en cada capítulo porque la utilización de los mismos se repite casi continuamente, es decir, la mayoría de los tableros derivados de la madera, por ejemplo, comparten los mismos tipos de adhesivos en su fabricación.

Comenzaremos pues por una serie de definiciones que nos ayuden a comprender algunos de esos complejos procesos en los que anteriormente advertíamos que no íbamos a entrar.

A continuación elaboraremos dos clasificaciones: una general, para así poder ubicar correctamente los materiales que vamos a usar. En ella se incluyen, de manera no exhaustiva, los adhesivos que consideramos más importantes para el presente estudio.

Esta primera clasificación nos muestra una organización muy general basada en el origen de los adhesivos. La segunda nos va a informar más claramente de los sistemas de encolado en función de los procesos de curado empleados por cada adhesivo, y se verán más detalladamente las características y usos principales de estos adhesivos.<sup>726</sup>

---

*Técnica* n° 179, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1996, págs. 82-84.

<sup>726</sup> Se ha obviado la incorporación de ciertos engrudos, por su escasa utilidad. Baste recordar que quizá fueron los primeros adhesivos utilizados, principalmente los de harina, pero para encolar pequeñas piezas por su escaso poder adhesivo. Antiguamente se hacían, a veces, con raíces y tubérculos: “Un antiguo engrudo se hacía con raíz de Aro y otras plantas de tubérculos o rizomas ricos en almidón tostados o triturados. (...) Hoy los engrudos se hacen generalmente con harina de centeno, más asequible que la de raíces, y más barata y menos seca que la de trigo” (Ignacio Abella, *El hombre y la madera*, 4ª edición, editorial Integral, Barcelona, 1998.)

## 5.2 Conceptos básicos.<sup>727</sup>

Vamos a definir una serie de elementos que participan activamente en la adhesión de superficies de madera entre sí, o a otros materiales. Realmente lo que vamos a hacer es definir un sistema compuesto, normalmente, por dos superficies<sup>728</sup> correspondientes a dos sustratos diferentes y un tercer elemento que va a servir de enlace entre ellos: el adhesivo o el adherente<sup>729</sup>.

A parte de ellos concurren, a veces, otros elementos o acciones que ayudan al curado de estos sistemas adhesivos aportando temperatura, presión, etc.

Ante todo tenemos que tener en cuenta que estamos trabajando con un material de tipo celulósico y, por tanto, con una serie de características que le son propias como: higroscopicidad, retracción y turgencia, etc., y todo lo que ello comporta en cuanto a cambios dimensionales, cambios estructurales, etc.

Los sustratos<sup>730</sup> son los dos materiales o cuerpos a unir. El adhesivo es el tercer elemento que sirve de enlace a los sustratos y que por medio de él y de las fuerzas que surgen mantienen unido al conjunto.

Según la norma UNE-EN 923:2000, «adhesivo es una sustancia no-metálica capaz de unir materiales por el contacto de sus superficies (adhesión), proporcionando a la unión una resistencia interna adecuada (cohesión)». <sup>731</sup>

---

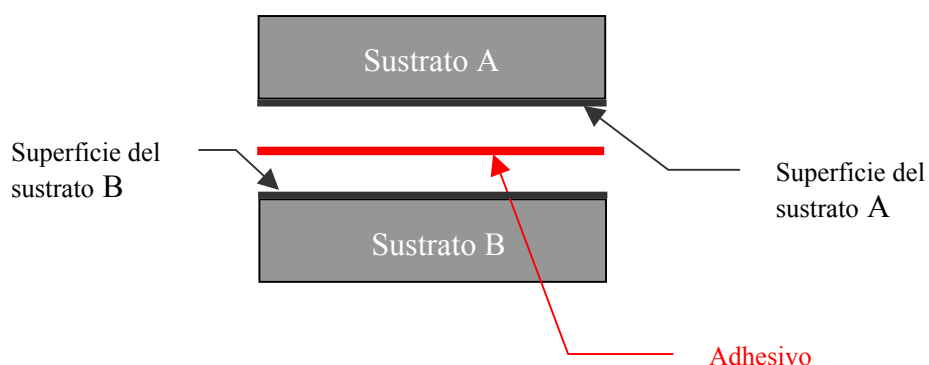
<sup>727</sup> Es muy importante consultar la norma UNE-EN 923:2000 ya que contempla un amplio e interesante glosario de términos relacionados con los adhesivos y la adhesividad.

<sup>728</sup> De su estado va a depender, en gran medida, una perfecta adhesión o no.

<sup>729</sup> Del latín, *adhaereo-haesi-haesum*, estar adherido, unido.

<sup>730</sup> (Del latín, *substratum*, lo que está debajo). Sustancia, ser de las cosas.

<sup>731</sup> Esta misma norma nos define ambos términos: adhesión es el estado en el que dos superficies son mantenidas mediante uniones interfaciales. Cohesión es el estado que tiende a asociar entre ellas a las partículas de una sustancia mediante fuerzas de valencia primarias o secundarias.



Según Román y Arroyo «Cuando dos materiales se ponen en contacto, para que se produzca su unión, debe producirse un íntimo contacto, humectación y posteriormente deben surgir fuerzas que los unan, de forma que, según sea la adherencia entre ellos, será más o menos difícil separarlos.»<sup>732</sup>

Dos términos más aparecen a la vista: humectación y adherencia.

La humectación equivale a mojado, es decir, a la capacidad que tiene el adhesivo, en este caso, de mojar las superficies a unir con el fin de producir su adhesión.<sup>733</sup> En el caso de la madera, por su alto contenido en celulosa, el adhesivo utilizado que puede mojar esa superficie debe ser de carácter polar.

La adherencia, por su parte, es la fuerza o conjunto de fuerzas que se oponen a la separación de dos o más cuerpos materiales que han sido unidos.

Para que se produzca un buen mojado del sustrato por parte del adhesivo, la tensión superficial de éste debe ser inferior a la del sólido sobre el que se va a aplicar. La tensión superficial es uno de los factores determinantes para que un líquido moje un sólido.<sup>734</sup>

<sup>732</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 188.

<sup>733</sup> Es evidente que al hablar de *mojado*, el adhesivo ha de ser líquido o estar en una fase líquida (adhesivos hot melt, por ejemplo.)

<sup>734</sup> El otro es el ángulo de humectación o de contacto, que puede variar si la superficie del sólido está limpia o con impurezas. (Román y Arroyo, op. cit., pág. 189). Véase también, F<sup>co</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 17, en el que puede apreciarse un dibujo explicativo bastante claro. Muy importante también el artículo de Joaquín Martín Diéguez, “La humectación del sustrato en los acabados”, *Aitim*, n° 201, Sept-Oct, 1999, Aitim, Madrid, pág. 57-58. Es importante también consultar la norma UNE-EN

De modo simple podemos definir la tensión superficial de un líquido como la fuerza de atracción ejercida por las moléculas debajo de la superficie sobre la que se encuentran en la interfase superficie / aire, que tiende a impedir que el líquido en cuestión fluya por la superficie<sup>735</sup>. Resumiendo, tensión superficial es la fuerza que tiende a hacer que un fluido ocupe el menor espacio posible (en términos coloquiales: el líquido se recoge en sí mismo, se retrae).<sup>736</sup>

Cuando esto ocurre, el adhesivo no fluye libremente y no moja la superficie. Si no la moja, el adhesivo no se reparte homogéneamente. Se produce una aplicación del adhesivo defectuosa y, por tanto, una unión defectuosa.

Si colocamos una gota de adhesivo en una superficie limpia y plana, obtenemos, que en corto tiempo las orillas de la gota forman un ángulo de contacto con la superficie del sólido. Este ángulo da la afinidad del adhesivo con el sustrato, de modo que si la gota de adhesivo se extiende en una película delgada con un ángulo de contacto cero, no deja duda alguna de que el adhesivo ha mojado bien al sólido, y está en íntimo contacto con él. Pero si la gota no se extiende sobre la superficie, o incluso, se retrae elevando el ángulo, nos indicará la poca o nula afinidad de este adhesivo con el sustrato.<sup>737</sup>

Cuando el adhesivo se presenta como dispersión suele incorporársele agentes tensoactivos, que tienen como misión reducir esa tensión superficial y así facilitar el mojado.<sup>738</sup> Podemos utilizar como ejemplo un globo lleno de agua, que actuaría como una gota de adhesivo con gran tensión superficial, y una aguja actuaría como tensoactivo. Al incorporar el tensoactivo (pinchamos el globo con la aguja) se reduce la tensión superficial (revienta el

---

828:1999 por las definiciones, diagramas, fotografía del goniómetro (para la medida del ángulo de contacto), etc que incluye sobre la “mojabilidad” y su determinación.

<sup>735</sup> “[Interfase es] el área de contacto entre dos fases inmiscibles de una dispersión que pueden afectar a la misma o diferentes estados de materia. Son posibles cinco tipos: 1) sólido/sólido (aleaciones); 2) líquido/ líquido (agua/aceite); 3) sólido/gas (humo/aire); 4) sólido/líquido (arcilla/agua); 5) líquido/gas (agua/aire). En una superficie limpia tanto líquida como sólida la atracción molecular ejerce una neta fuerza interior. De ahí que la característica principal de un líquido sea la tensión superficial y que de una superficie sólida es la adsorción [adherencia a la superficie]. Ambas tienen la misma causa, a saber, las fuerzas de cohesión internas actúan en las moléculas de superficie (...).” (Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 569).

<sup>736</sup> La tensión superficial se mide en dinas/cm, es decir, la fuerza necesaria para mover un gramo con una aceleración de un centímetro por segundo.

<sup>737</sup> F<sup>80</sup> Liesa et. al., op. cit., pág., 16.

<sup>738</sup> “(...) Existen tres categorías de agentes tensoactivos: detergentes, agentes humectantes y emulsionantes; todos tienen el mismo mecanismo químico básico y difieren principalmente en la naturaleza de las superficies involucradas.” (Gessner G. Hawley, op. cit, pág. 942).

globo) y el adhesivo se extiende por toda la superficie (el agua sale del globo). En este caso la goma con la que está fabricado el globo y encierra al agua, actúa como si fueran las moléculas de superficie de las que hablábamos anteriormente.

A veces no se produce el mojado debido a otras circunstancias:

- Que el adhesivo no tenga afinidad con el sustrato.
- Que el adhesivo sea muy viscoso.
- Que en la superficie haya «presencia de residuos grasos o de aceites procedentes de las máquinas de mecanizado, o zonas quemadas originadas por un mecanizado defectuoso o por una mala elección del papel de lija, o un secado muy rápido o severo»<sup>739</sup>; o superficies con polvo, etc.

Dado que el material (sustrato) con el que vamos a trabajar es la madera y derivados, debemos tener muy en cuenta algunas de estas circunstancias (como la grasa) sobre todo cuando trabajemos con adhesivos solubles en agua, ya que el agua es el disolvente de los aglutinantes de muchos aparejos que vamos a utilizar. Superficies con restos de grasa impedirían el correcto y completo mojado de la superficie.

La madera, como material relativamente blando y poroso que es, puede presentar distintos aspectos superficiales que ayudarán o no a la correcta humectación de su superficie.<sup>740</sup> La energía superficial de la madera va a variar mucho según las distintas especies. En la madera de haya y especies tropicales como Iroko, Teca, Dussié, etc., existen problemas de mojado por varias razones: por ser maderas densas y poco porosas y, en muchas de ellas, por tener su superficie materiales contaminantes con los distintos exudados propios de la especie.<sup>741</sup>

---

<sup>739</sup> “Adhesivos. Control de calidad en el encolado”, *Aitim*, nº 194, Julio-Agosto, 1998, Aitim, Madrid, pág. 23.

<sup>740</sup> Hay que tener en cuenta la compleja estructura de la celulosa y su composición química que van a ser determinantes en la correcta humectación por parte del adhesivo.

<sup>741</sup> Joaquín Martín Diéguez, La humectación del sustrato en los acabados”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 201, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1999, pág. 57-58.

Al cortar la madera, se produce la rotura de las paredes de sus vasos, traqueidas, etc. (sabemos que son de naturaleza cilíndrica o prismática) y que, como sabemos, forman haces tubulares. Esta rotura produce en la superficie irregularidades que se traducen en diminutas crestas y valles, es decir, en unas zonas levantadas y otras hundidas.

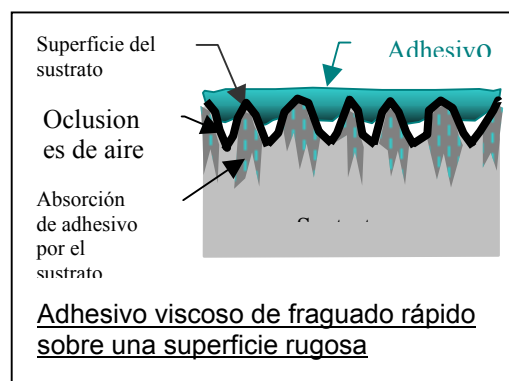
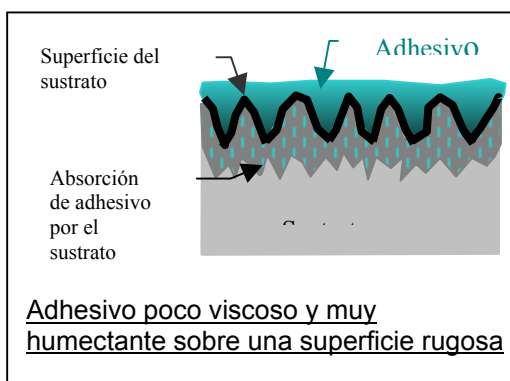
Parte de estas irregularidades podrían solucionarse con un lijado o mecanizado de la superficie,<sup>742</sup> pero cuando han de encolarse superficies en ese estado, el adhesivo no se reparte homogéneamente y se crean (o pueden crearse) bolsas de aire (oclusiones) en su interior y además se reduce la zona de contacto entre ambas superficies.<sup>743</sup>



Cortesía Colas Otaduy, S.A.

Aunque pueden presentarse otros problemas, pues si el adhesivo fragua rápidamente, podría quedar ocluida gran cantidad de aire en los valles.<sup>744</sup>

Veamos una ilustración personalizada de estas posibilidades:<sup>745</sup>



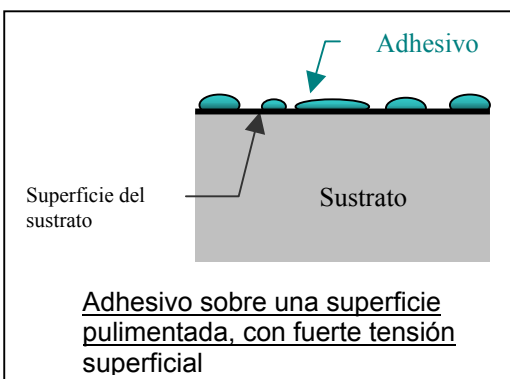
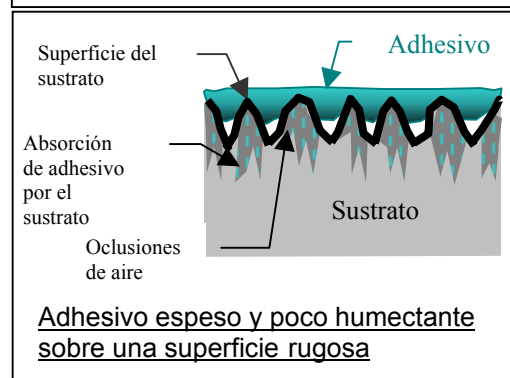
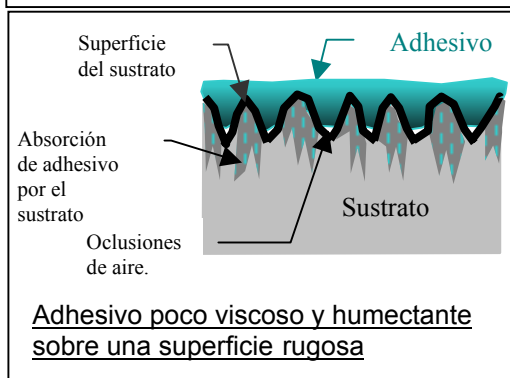
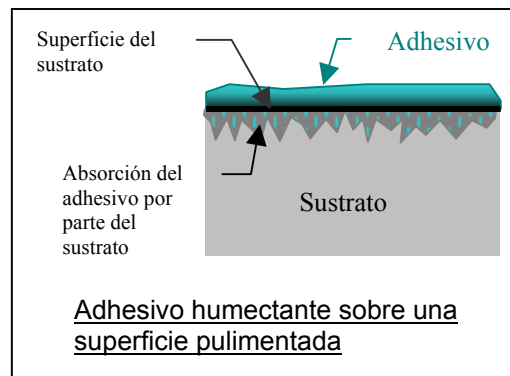
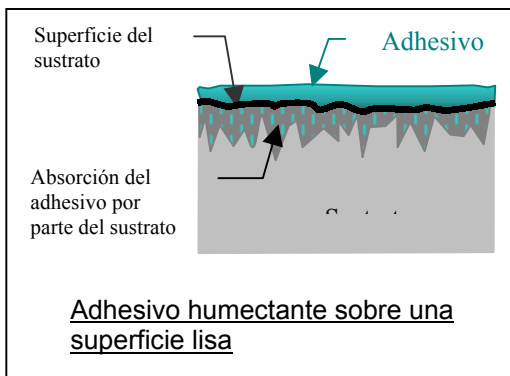
<sup>742</sup> La utilización de sistemas mecánicos de limpieza son los más habituales, ya sea el chorro de arena, el lijado, el cepillado, etc., pero pueden aplicarse tratamientos químicos si se trata de «uniones estructurales y en aplicaciones críticas donde no se puede permitir la más mínima posibilidad de fallo en la unión» (F<sup>co</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 38).

<sup>743</sup> Es importante que la zona de contacto sea lo más amplia posible, pues a mayor superposición de superficies encoladas más resistente será la unión. Otros puntos importantes a tener en cuenta y que van a influir en la resistencia de esa unión son: el grosor de los sustratos, el tipo de adhesivo elegido y el grosor de la película adhesiva, a parte del estado superficial del que estamos hablando.

<sup>744</sup> F<sup>co</sup> Liesa et. al., op. cit., pág., 18.

<sup>745</sup> Es posible que no sean demasiado científicas, pero se trata solamente de ilustrar de manera sencilla estos procesos.





Cortesía Colas Otaduy, S.A.

Otra circunstancia delicada es el encolado de maderas muy porosas o el encolado en el que intervienen una o dos testas (ensamblajes y empalmes por ejemplo), ya que por capilaridad<sup>746</sup> el adhesivo penetra profundamente dejando debilitada la

<sup>746</sup> Cuando un líquido se pone en contacto con un sólido y éste está formado por elementos tubulares cuyos diámetros son muy pequeños, se origina un fenómeno por el que el líquido es atraído por el sólido, haciéndole subir, por esos tubos, hasta cierta distancia.



película adhesiva. De ahí la costumbre de aplicar tapaporos para reducir en lo posible esta actividad absorbente. En los adhesivos al agua, bastará con diluir un poco de adhesivo y aplicarlo a la zona antes de realizar el encolado definitivo, así los poros estarán más saturados de humedad y absorberán menos adhesivo.<sup>747</sup> El no hacer esto supone una pérdida absurda de adhesivo, corriendo además el riesgo de no aportar la cantidad necesaria en la unión.

Las superficies excesivamente pulimentadas, o las de grano cerrado, no son buenas receptoras de adhesivos, ya que no facilitan la humectación de la superficie del sustrato e impiden la mínima penetración en el mismo, no efectuándose pues el mojado adecuado<sup>748</sup> y se corre el peligro de generar capas de adhesivo muy gruesas:

(...) La teoría de cómo se encola la madera se basa en dos tipos de uniones, unión mecánica y unión específica. La primera se basa en que la cola, más o menos fluida, se introduce en los poros de las dos superficies a unir y después del fraguado, la cola se convierte en un sólido de gran cohesión, anclado fuertemente en ambas piezas, que quedan perfectamente unidas. Según este principio, la calidad del encolado, depende de la rugosidad de las superficies de madera, del número de poros que contenga y estén abiertos (limpios) y de lo que profundice la cola (permeabilidad de la madera).

La unión específica es la que resulta de la atracción química entre los grupos activos de naturaleza polar de la madera y los grupos activos polares de la cola. En este caso, la rugosidad de la superficie está demostrado que perjudica la calidad del encolado (...)<sup>749</sup>

Lo ideal, en el caso de la madera, es una ligera aspereza superficial y sin un exceso de capilaridad o absorción:

---

<sup>747</sup> Esta costumbre es buena para reducir un poco la viscosidad de los adhesivos al agua y así facilitar la humectación de la superficie del sustrato y ocupar todos los huecos posibles.

<sup>748</sup> “(...) Haines (1967) ha demostrado que el mayor o menor grado de penetración del adhesivo dentro del sustrato tiene poca importancia en la resistencia de la unión, mientras que la rugosidad superficial es esencial” (Margarita San Andrés Moya, *Aplicación de resinas sintéticas en la conservación y restauración de obras de arte*, pág. 16). “La penetración del adhesivo puede ocurrir, pero es accesorio. Supone un incremento en el coste y que se evita con los actuales adhesivos sintéticos que no solo no pueden, sino que no necesitan penetrar en la estructura porosa de la madera para lograr una excelente unión.” (F<sup>co</sup> Liesa et. al., op. cit., pág., 102.)

<sup>749</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 363.

Sea como fuere los sustratos deben tener una buena humectación para proceder a su correcto encolado, que vamos a conseguir por varias vías: aumentar la energía superficial de los sustratos para facilitar el mojado (limpieza con disolventes, etc.), disminuir la tensión superficial del adhesivo (por medio de tensoactivos) y, la tercera posibilidad, sería una mezcla de ambas (limpiar superficies y añadir tensoactivos).<sup>750</sup>

Los adhesivos que mejor se van acoplar a las superficies van a ser los de fase líquida: « (...) Gracias a su capacidad de fluir, los adhesivos en fase



Laboratorio de adhesivos.  
Cortesía Colas Otaduy, S.A.



líquida se acoplan a la superficie de los sustratos y hacen posible el contacto entre ellos. Esta propiedad está determinada fundamentalmente por la viscosidad (...)»<sup>751</sup>

Dado que en fase líquida los adhesivos van a ocupar todos los huecos que encuentren a su paso, desplazando así casi todo el aire ocluido en ellos, habrá que tener en cuenta no excederse en la cantidad de adhesivo aplicado y generar películas con grandes espesores, pues traería consigo graves

<sup>750</sup> Joaquín Martín Diéguez, “La humectación del sustrato en los acabados”, *Aitim*, n° 201, Sept-Oct, 1999, Aitim, Madrid, pág. 58.

<sup>751</sup> Margarita San Andrés Moya, op. cit., pág. 14.

problemas<sup>752</sup>. Podría parecer que una capa gruesa se supone que debería soportar mejor los esfuerzos, pero eso no es así por varias razones:

1. Cuanto mayor sea la cantidad de adhesivo, mayor es la probabilidad de presencia de burbujas de aire, o de elementos extraños que debilitan la unión.
2. El esfuerzo necesario para deformar una película delgada es superior al de una de mayor espesor.
3. Las tensiones internas que se originan en el proceso de la unión, están relacionadas con el espesor de película aplicado.
4. La posibilidad de que el adhesivo, fluya o se cristalice, es mayor conforme el espesor aumenta.<sup>753</sup>

No se debe olvidar que las maderas porosas y las testas absorben mayor cantidad de adhesivo por capilaridad que en la dirección perpendicular (y, lógicamente de humedad, por la disposición longitudinal de los vasos que siguen el sentido ascendente de la savia, es decir, en la dirección paralela, etc.); de esta manera hay que prever esa pequeña cantidad extra de adhesivo con extendedores o cargas (primer)<sup>754</sup> para evitar que el grosor de la capa adhesiva disminuya y no cumpla su función.<sup>755</sup> Estas cargas suponen una pequeña reducción de resistencia pero ayudan a mejorar la resistencia del adhesivo a las radiaciones.

Si se prevé un prolongado tiempo de almacenamiento, deben protegerse las testas de las piezas con productos especiales (pinturas que incluyen ceras). Lo mismo ocurre con la madera usada por un luthier, debe conseguir un secado natural y para ello le aplica parafina en los testeros, evitándose con ello una pérdida brusca de humedad.

A la hora de hacer los cortes para realizar empalmes, acoplamientos o ensamblajes, éstos deben ser lo más limpios posible procurando no dañar más fibras de las necesarias, ya que el hecho de haber muchas fibras levantadas, cortadas, etc., da lugar a una mayor debilidad en la unión, por

---

<sup>752</sup> Vid. César Peraza Oramas, "Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos", *Montes*, año X, n° 57, Mayo-Junio, 1954, Montes, Madrid, pág. 200.

<sup>753</sup> F<sup>co</sup> Liesa et. al., op. cit., pág., 19.

<sup>754</sup> Estando este *primer* todavía mordiente, se debe aplicar el adhesivo restante y efectuar la unión.

<sup>755</sup> Además de por motivos de seguridad, existen también motivos económicos para evitar la pérdida de adhesivo por una excesiva absorción por los sustratos que, como ya vimos, no supone una mayor resistencia.

eso convendría un mayor aporte de adhesivo que haga las veces de masilla que nivele la superficie.<sup>756</sup>

Tampoco debemos olvidar que los excesos de adhesivo que rebosan al ejercer presión durante el encolado, hay que retirarlos en el momento, ya que al solidificar se hará más penosa su retirada, por la dureza adquirida (la cola<sup>757</sup> blanca, por ejemplo) y además dificultaría la aplicación de aparejos realizados con aglutinantes de tipo proteico, por ejemplo, (aparejos a la creta, a la caseína, etc.) ya que no adhieren bien sobre superficies plastificadas de tipo sintético (PVA o adhesivos de contacto, por ejemplo).

Otro problema a la hora de efectuar el encolado, es el estado higrométrico de las maderas a unir, pues si están excesivamente secas, se produce una escasa humectación y el adhesivo apenas penetra. Si por el contrario hay un exceso de humedad, se produce una gran absorción de adhesivo. Esto conlleva un gasto económico extra, además de que algunas colas nunca se asentarán correctamente ante humedades superiores a un 20%.

Otro punto importante es el estado higrométrico ambiental. La humedad ha de ser baja a la hora de encolar o barnizar. Con las colas sintéticas el encolado puede resultar defectuoso y producir ampollas.

### **5.3 Propiedades de los adhesivos para la madera.**

Los adhesivos destinados a unir materiales de madera y derivados han de cumplir una serie de requisitos que les permitan realizar uniones estables en el tiempo.

Margarita San Andrés enumera una serie de propiedades ideales que deben tener los adhesivos que se vayan a utilizar en conservación y restauración de obras de arte.<sup>758</sup>

---

<sup>756</sup> Vid. F<sup>co</sup> Liesa et. al., op. cit., pág., 102.

<sup>757</sup> «[Cola es un] adhesivo acuoso específicamente diseñado para el pegado de madera o de otros sustratos porosos» (Norma UNE-EN 923:2000).

<sup>758</sup> Vid. Margarita San Andrés, op. cit, pág. 105.

La mayoría de ellas son aplicables a la madera. Otras, en cambio, como la reversibilidad, no se hace tan necesaria en las uniones que vayamos a realizar, aunque siempre sea conveniente “guardar ese as en la manga”.

Las propiedades, entre otras, pueden ser las siguientes:

1. Debe tener el suficiente poder adhesivo para soportar las tensiones que pudieran producirse. Sus principales propiedades deben ser la resistencia a la tracción y a la cortadura. «Estos valores son superiores en una capa de adhesivo que une dos superficies, que en un trozo de adhesivo, y mayores cuanto menor es el espesor de la capa»<sup>759</sup>
2. Debe penetrar en las superficies lo suficiente para integrarse en ellas (“mojado”).
3. Deber ser compatible con los sustratos que trata de unir sin que se produzcan interacciones entre ambos y sin que aparezcan tensiones.
4. Debe ser lo suficientemente elástico para “acompañar” las dilataciones y contracciones que pudieran producirse en los sustratos y evitando así alabeos o deformaciones que inevitablemente se producirían en uniones rígidas o poco elásticas. Deben buscarse, pues, adhesivos más elásticos que los sustratos que unen.
5. Su estructura y composición deben alterarse lo mínimo con el paso del tiempo. El adhesivo debe elegirse en función de las condiciones a las que van a estar sometidas las juntas.
6. Debe presentar una aplicabilidad razonable que no entrañe problemas de humectabilidad, eleve los costes, etc.<sup>760</sup> Debe poderse extender para formar una película continua. El adhesivo debe tener buena movilidad.
7. Si se utilizan cargas<sup>761</sup>, el adhesivo ha de ser compatible con ellas.

---

<sup>759</sup> José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 195.

<sup>760</sup> Dada la importancia de este punto en el proceso, se tratará más detenidamente.

<sup>761</sup> Según la norma UNE-EN 923:2000, el término “carga” queda definido como el sólido en partículas que puede mejorar las propiedades de elaboración, elasticidad, resistencia a la rotura u otras propiedades del adhesivo. Suelen utilizarse, según esta norma, dos tipos de cargas: cargas químicamente inertes (caolín, serrín) o cargas reforzantes o activas (silicatos, negro de humo, ciertos materiales fibrosos, polvo de aluminio) que aumentan sensiblemente las propiedades del polímero. Si

8. En el caso de laminaciones (contrachapados, rechapados, madera laminada, etc.), al ser aplicadas en una superficie debe permanecer en ella sin fraguar hasta que se coloque la otra superficie y pueda penetrar en ambas. Se «debe empezar a prensar cuando el adhesivo empiece a fraguar (a perder movilidad o liquidez)».<sup>762</sup>
9. La elección del adhesivo adecuado debe basarse en el comportamiento de la cola a la humedad, el calor, a las inclemencias meteorológicas, etc. y no en aspectos de índole estética.
10. Los adhesivos deben durar tanto o más que los elementos a unir (sobre todo a niveles estructurales). No todas las colas envejecen de la misma manera.
11. Al fraguar debe convertirse en una sustancia resistente.
12. No debe ocasionar manchas en los sustratos a pegar (cuando la estética sea parte importante).
13. Debe resistir el ataque de insectos, hongos, etc.

## 5.4 Proceso de unión.

Es posible unir entre sí todas las especies maderables, pero en casos especiales (maderas muy resinosas, grasientas, etc.)<sup>763</sup> habrá que aplicar adhesivos concretos o preparar las superficies de los sustratos, adecuadamente. No olvidemos que:

- El duramen se encola peor que la albura.
- Las maderas densas se encolan peor que las menos densas.
- Las maderas frondosas se encolan peor que las coníferas.

---

la carga se usa para reducir costes, se denomina “extendedor o relleno” (que también pueden ser líquidos).

<sup>762</sup> “Control de calidad en el encolado”, *Aitim*, nº 194, Julio-Agosto, 1998, Aitim, Madrid, pág. 21.

<sup>763</sup> Pinos silvestre grasientos y resinosos como el pino americano o el alerce son de difícil encolado y especies como el castaño, de singular dureza, en las que su encolado es muy *delicado* [Andrés Merino (director), *Biblioteca Atrium de la Carpintería*. Muevas aplicaciones. Vol 5, pág. 27.] Otro caso es el cedro de Marruecos que, en los tiempos en los que se usaba la caseína como adhesivo para madera, tenía muchas dificultades para ser encolado.

De todas maneras, en nuestro caso, lo más habitual es el encolado de maderas de las mismas especies.

#### **5.4.1 Requisitos. (Condiciones para el encolado. Protocolo).**

La correcta unión de dos sustratos de madera, debe cumplir una serie de requisitos en la aplicación.<sup>764</sup>

1. El método usado no debe resultar peligroso, ya sea su aplicación en frío o en caliente:

a) En caliente: Porque es habitual el uso de altas presiones que en determinados momentos pueden producir pequeñas explosiones.<sup>765</sup> Además, el proceso es más complicado y caro y puede generar otros problemas.<sup>766</sup>

b) En frío: El mayor peligro proviene de los disolventes usados:

1) No debe perjudicar a las piezas que tratamos de unir. El peligro suele derivar de los disolventes usados, especialmente en lo referido a su volatilidad:

- Debe facilitar la humectación del adhesivo permitiendo una buena penetración.
- No debe quedar retenido pues estaría más tiempo actuando sobre los sustratos.
- Si es muy alta, impide la penetración del adhesivo.

2. Aplicabilidad razonable que no eleve los costes innecesariamente.

---

<sup>764</sup> Para más información vid. Margarita San Andrés, op. cit, pág. 105. F<sup>co</sup> Liesa et. al., op. cit., pág., 123-128. José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 189-198.

<sup>765</sup> Vid. el capítulo correspondiente a los *tableros armados*.

<sup>766</sup> “El sobrecalentamiento de la madera puede dar lugar a que su superficie se convierta en hidrofóbica. Esto no se reconoce fácilmente y da como resultado con los adhesivos normales una unión débil, la superficie reaccionará como si estuviera agrietada o engrasada, y los adhesivos a base de agua no la humectarán adecuadamente.” (Liesa et. al., op. cit., pág. 103.)

3. Distribución uniforme de tensiones, debido a que la superficie de contacto de los materiales a unir es muy grande<sup>767</sup> (sobre todo en los tableros).
4. La aplicación debe hacerse en capas continuas y finas (en forma líquida, en polvo, en lámina, etc.) La unión por medio de adhesivos trae consigo zonas herméticas o de aislamiento. En el caso de la madera y cuando los adhesivos tengan utilidad de aglutinante, se hace beneficioso el uso de adhesivos de PVA por su tendencia a absorber agua<sup>768</sup>, pues si, por ejemplo, lo aplicáramos como capa de aparejo en la trasera de nuestro soporte, no sellaría herméticamente esta zona, sino que permitiría un pequeño intercambio higroscópico del soporte (de madera) con el aire circundante y, por tanto, seguir de alguna manera los movimientos de la misma madera. Dado que el anverso lleva el mismo aparejo, equilibraríamos las posibles tensiones. A pesar de todo siempre es beneficioso que la humedad penetre lo menos posible en el soporte.
5. Debe permitir la unión de materiales laminados de escaso grosor sin producir deterioros en los mismos. Esto es especialmente útil a la hora de rechapar con madera natural, con láminas decorativas, en la fabricación de tableros contrachapados, tableros de alma enlistonada, etc. dependiendo del tipo de material, pueden utilizarse todo tipo de adhesivos (colas animales, urea-formaldehído, fenol- formaldehído, adhesivos de contacto, etc.) y procesos de aplicación (caliente, frío).
6. Las superficies de los sustratos deben estar perfectamente limpias de impurezas y aptas para el encolado: sin grasa, polvo<sup>769</sup>, etc. Son preferibles las superficies que estén lisas y libres de defectos como pueden ser las microfisuras.<sup>770</sup>

---

<sup>767</sup> Esto acarrea una mayor resistencia en la unión.

<sup>768</sup> Que puede incrementarse en películas con gran proporción de estabilizante.

<sup>769</sup> El polvo, restos de lijado, pelusillas, etc. Sobre la superficie hacen que se pierda parte del adhesivo ya que este, está envolviendo partículas innecesarias en la adhesión de los sustratos. De esta manera se pierde cola y la unión es defectuosa.

<sup>770</sup> Si la superficie presenta microfisuras, la cola actúa como taponador de esas grietas perdiéndose, pues, parte de la cola destinada a la unión.



7. Debe haber una buena humectación, es decir, debe penetrar las dos superficies a unir. En caso contrario el adhesivo (en estado líquido ya) no se extiende y forma gotas.<sup>771</sup> A veces con el uso de un tensoactivo queda resuelto el problema. Debe “mojar la madera”. Si la superficie está pulida se impide el paso del adhesivo. Lo mejor es que la superficie de la madera no esté cepillada pero sí lijada.<sup>772</sup>
8. Debe formar una película. Al aplicar la cantidad necesaria, ésta debe fluir por toda la superficie.
9. «El proceso de fraguado debe estar cuidadosamente controlado bien por variables de temperatura o por elementos aceleradores del endurecimiento».<sup>773</sup> En este caso también es muy importante que la temperatura de la superficie de la madera no sea muy alta o muy baja, ya que la madera tienen mayor masa que la línea de cola y va a influir de manera importante en el fraguado:
  - Si está muy caliente el agua de la cola se absorbe demasiado rápidamente y la cola puede fraguar antes del prensado.
  - Si está muy fría impide la formación de película.<sup>774</sup>
10. Es importante respetar los tiempos de fraguado, sobre todo si después del encolado se va a someter a los materiales a algún tipo de prueba. Las colas termofusibles necesitan al menos 24 horas para fraguar, mientras que el resto de colas alrededor de 72 horas. Por lo tanto no deben utilizarse las piezas encoladas hasta que éstas puedan homogeneizar de nuevo la distribución de humedad.<sup>775</sup>

---

<sup>771</sup> Esto puede ser debido a la tensión superficial del adhesivo, a que éste sea muy viscoso o al estado superficial del sustrato.

<sup>772</sup> *Aitim*, nº 178, Nov.-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 13.

<sup>773</sup> *Andrés Merino (director)*, op. cit., pág. 38. Aquí se refiere, concretamente, a la madera laminada, pero es perfectamente aplicable a cualquier tipo de encolado.

<sup>774</sup> “Control de calidad en el encolado”, *Aitim*, nº 194, Julio-Agosto, 1998, Aitim, Madrid, pág. 23.

<sup>775</sup> Según norma UNE-EN 319:1994. *Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero.*

11. Los materiales a encolar deben pasar por un tiempo de acondicionamiento<sup>776</sup> antes de ser unidos. Es aconsejable que los materiales se habitúen (alcancen el equilibrio higroscópico) a la temperatura y humedad del local al menos 7 días antes de proceder al encolado (sobre todo con grandes piezas).
12. La humedad con la que se comience el proceso ha de ser la misma que ha de llevar durante su vida en servicio. No deben encolarse maderas con más del 20% de humedad. Si hay humedad excesiva se reduce la adhesión y si ocurre lo contrario se produce una absorción muy grande de la cola por parte de los sustratos a unir. La mayoría de las uniones se suelen producir con madera seca, con una humedad del 7 al 12%.
13. Adecuar el tipo de adhesivo a los materiales que vamos a unir y a las situaciones en las que va a estar sometido.
14. Las condiciones de humedad y temperatura del sitio donde se realice la unión deben rondar los 20° C y 65% HR. En el caso de las colas animales, se obtienen mejores resultados con las superficies a encolar precalentadas, «o al menos el taller se mantiene a unos 27° C»<sup>777</sup>
15. Pueden añadirse cargas al adhesivo para mejorar las líneas de cola.
16. Mantener el prensado al menos 12 horas. Aunque todo dependerá del tipo de cola.

Después de la aplicación del adhesivo a los sustratos, viene una segunda fase en la que el adhesivo sufre una transformación en la que acaba espesándose. Ello es debido a la evaporación del disolvente que contenía, por enfriamiento o por reacciones químicas, fundamentalmente. De esta manera el adhesivo pasa al estado sólido, donde debe alcanzar la

---

<sup>776</sup> Este tiempo de acondicionamiento no debe confundirse con el denominado "tiempo de acondicionamiento", referido a los adhesivos, y que consiste, según la norma UNE-EN 923:2000, en el intervalo de tiempo entre el final de la aplicación de calor y/o presión a una zona de pegado y el momento en que se alcanzan las propiedades de pegado deseadas.

<sup>777</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 170.

resistencia adecuada para la que fue diseñado, efectuándose la unión por este endurecimiento del adhesivo.

#### **5.4.2 Curado o Fraguado.**

Es el paso de la fase líquida a la sólida<sup>778</sup> y puede efectuarse de diferentes maneras según los distintos tipos de adhesivos y sus componentes:

##### *a) Curado sin reacción química:*

1. Curado por pérdida o eliminación del disolvente. Se produce de dos maneras: a) por evaporación y b) por absorción por parte del sustrato (en este caso el sustrato es poroso). En los no porosos, el disolvente actuará durante mucho tiempo hasta que pueda ser eliminado, con el riesgo que esto entraña.

Este proceso trae consigo pérdida de volumen de la película adhesiva.

2. Curado con el concurso de calor. El adhesivo se aplica fundido (fusión en caliente o Hot Melt adhesive) o es activado o reactivado posteriormente con calor. La película se va enfriando hasta que solidifica.

Aquí no hay pérdida de volumen.

Uno de los adhesivos de este tipo más usado, a lo largo de la historia, han sido las colas de origen animal hasta la llegada de los siguientes adhesivos termofusibles: las resinas sintéticas termoplásticas.

En el caso de geles, colas animales, por ejemplo, se aplican en soluciones calientes, que gelifican al enfriarse, transformándose en sólido, en virtud de un proceso de cristalización de la gelatina, siguiendo a continuación un proceso de secado o fraguado de la capa de cola.<sup>779</sup>

##### *b) Curado por medio de reacciones químicas (por medio de catalizadores).*

---

<sup>778</sup> El paso de gel a sólido.

<sup>779</sup> José Mº Román y Arroyo, op. cit., pág. 193.

Lo más común es la polimerización. el caso anterior (aplicación de color) puede tomarse también como polimerización ya que el calor es un catalizador, pues acelera el proceso. También se produce el curado a temperatura ambiente.

Estos tres grupos englobarían las distintas posibilidades aunque, a veces, se considera un cuarto grupo independiente de estos tres.<sup>780</sup>

Este grupo a considerar son los adhesivos anaeróbicos, es decir, los que curan o solidifican cuando no están en contacto con el aire o en presencia de oxígeno, a temperatura ambiente.

Uno de ellos es el conocido Loctite que endurece automáticamente sin necesidad de catalizador ni calor.<sup>781</sup>

#### **5.4.3 Prensado.**

Realmente es una parte vital en el proceso de unión, y aunque hay adhesivos que no necesitarían de la aplicación de la presión para realizar correctamente la unión, nos aventuraríamos a decir que es aconsejable la aplicación de presión en todos los encolados, siempre y cuando las circunstancias lo permitan.<sup>782</sup>

El prensado facilita que los grupos polares de la cola y las maderas entren en contacto y también facilita el fraguado si este se realiza por medio de reacciones químicas.<sup>783</sup>

Tableros, ensamblajes, acoplamientos, etc. necesitan obligatoriamente la presión para que la unión sea satisfactoria, ya que dicha presión hace que la cola se extienda en forma de película continua y hace que la cola se ponga en contacto con la madera.

---

<sup>780</sup> Consideramos más acertada la inclusión de este grupo dentro de los adhesivos que curan por reacción química ya que lo hacen por polimerización.

<sup>781</sup> Para más información vid. Gessner G. Hawley, op. cit, pág. 619.

<sup>782</sup> Salvo que se produzcan en zonas de difícil acceso. Las colas de contacto no necesitarían presión de mucha duración para su fraguado. Los cianoacrilatos son tan rápidos en fraguar que, prácticamente, no necesitan de la presión.

<sup>783</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 365.

Normalmente la presión lleva pareja la aplicación de temperatura sobre todo en los procesos de curado por reacciones químicas (resinas fenólicas, por ejemplo.) El calor aportado es realmente un catalizador y hace que los tiempos de prensado se reduzcan considerablemente. Esta temperatura puede aplicarse a los platos de la prensa, por medio de fluidos calientes, « (...) las lámparas infrarrojas, el calor negro para calefacción de los elementos que están encolándose, las resistencias para el encolado de cantos y la alta frecuencia para la adhesión de los perfiles.»<sup>784</sup>

Las distintas presiones y tiempos de presión utilizados variarán en función de las especies de madera, el tipo de cola, la temperatura, tipo de producto, etc. De ellos va a depender la correcta unión de los sustratos.

El prensado debe realizarse:

- Cuando el estado higrométrico de los sustratos sea el adecuado en función de la utilidad futura de los mismos.
- Cuando se haya extendido el adhesivo en los sustratos<sup>785</sup> y permanezca mordiente, en el caso de adhesivos fluidos (contrachapados, chapeados, etc.).
- Cuando se haya depositado el film adhesivo, etc. En este caso se amontonan las chapas intercalando los films adhesivos entre ellas, y cuando esté la prensa completa, se procederá a su prensado.
- Cuando se haya formado la “manta” (en el caso de aglomerados y tableros de fibras, por ejemplo).

La presión ejercida variará, como hemos dicho, en función de las especies y adhesivos, y se comentará puntualmente en cada caso. En cualquier caso debe ser una presión uniforme con la temperatura correcta para su fraguado.

En el caso del encolado de láminas<sup>786</sup> los tiempos de prensado se denominan de la siguiente manera:

---

<sup>784</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 75.

<sup>785</sup> Adhesivo fluido, en polvo, en lámina, etc.

El tiempo que pasa entre el encolado de la primera lámina y la aplicación de la presión se denomina **tiempo de unión total**. Todas las operaciones se deben realizar durante ese período, mientras la cola está pegajosa en la primera lámina. No confundir este tiempo con la vida útil de la cola una vez mezclada y preparada [pot-life], y después del cual sus componentes pierden sus aptitudes y pierden validez para un correcto encolado. Dentro del tiempo de unión total se distinguen dos tiempos:

**Tiempo de unión abierto:** es el período entre el encolado de una lámina y su puesta en contacto con otra.

**Tiempo de unión cerrado:** se llama así al intervalo de tiempo entre la puesta en contacto de dos láminas y la aplicación de la presión final.<sup>787</sup>

#### 5.4.4 Clases de encolados que podemos encontrar en el trabajo con la madera.<sup>788</sup>

Tenemos dos posibilidades: encolado de piezas de madera maciza o tableros derivados de ella y el encolado de chapas a tableros macizos.

En el primer caso nos podemos encontrar con el llamado encolado al hilo. Es el utilizado para la fabricación de tableros de **madera maciza o** derivados, por medio de acoplamientos, es decir, por superposición o por yuxtaposición de tableros.<sup>789</sup>

El proceso está mecanizado pues es difícil hacer buenos acoplamientos a mano. «Es preciso una distribución de la cola que no forme una película superior a los 0,3 mm. »<sup>790</sup>

Otra posibilidad son los empalmes o encolados por testa. Es raro que se presente sin ir acompañado de un corte de las fibras en “finger joint”, pico de flauta, etc., ya que la simple unión de las testas es un empalme bastante deficiente o poco resistente.

---

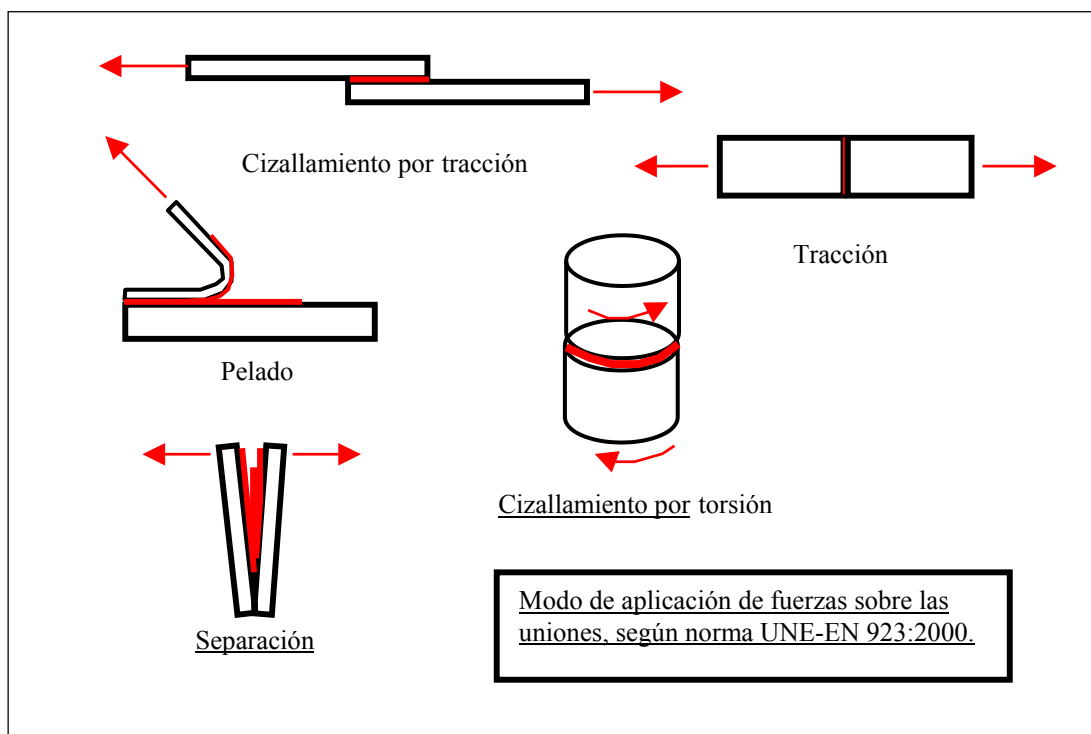
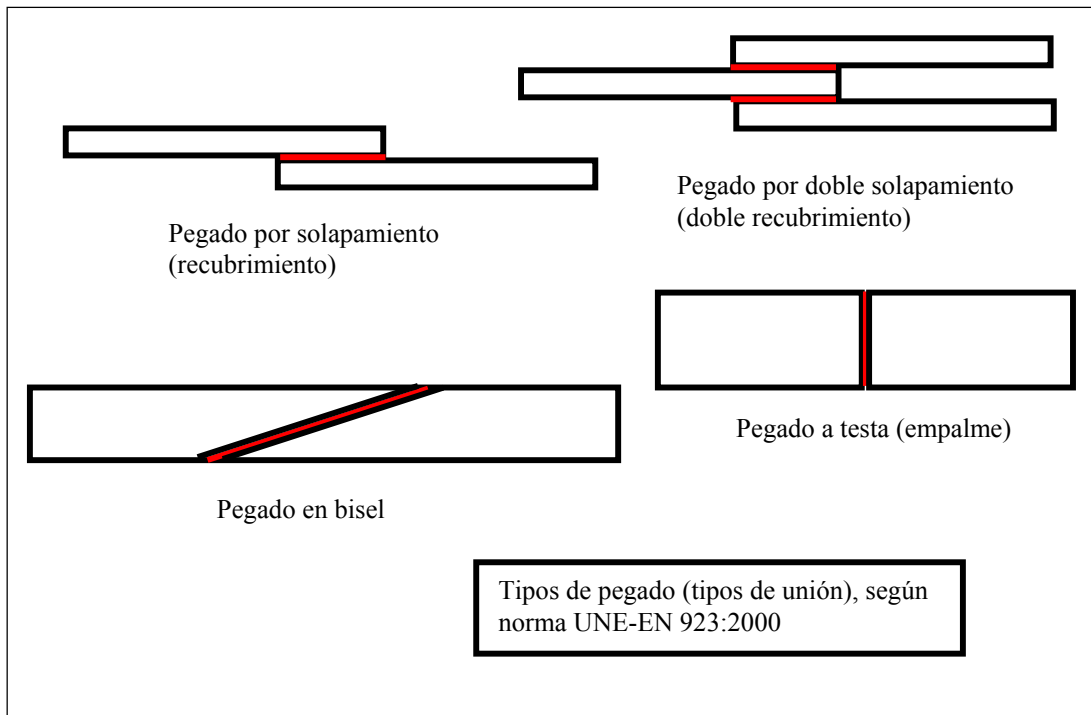
<sup>786</sup> Este comentario hace alusión a la madera laminada encolada, pero lo introducimos en este punto porque es muy gráfica su explicación de los tiempos de prensado y es perfectamente válido para el prensado, por ejemplo de los tableros contrachapados.

<sup>787</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 49.

<sup>788</sup> El que a nosotros nos interesa, se entiende.

<sup>789</sup> Para más información vid. el capítulo *Estereotomía de la madera en la fabricación de soportes artísticos*.

<sup>790</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 71.



La última posibilidad sería el encolado de ensamblajes, que realiza uniones muy resistentes si las fibras se cortan adecuadamente.

En el segundo caso, el encolar chapas a tableros hace más robustos a éstos, a la par que puede embellecerlos, si la chapa cumple también función

decorativa. También tiene cabida aquí el encolado de chapas entre sí para formar contrachapados.

En estos casos los tableros finales aumentan su resistencia pues las finas chapas absorben fácilmente el adhesivo y forma un solo cuerpo con él, gracias a las enormes presiones que se ejercen sobre ellos.

Tabla de adhesivos para madera maciza y derivados de la misma.				
	Madera maciza	Tableros aglomerados.	Tableros de fibras	Corcho
	Tableros alistonados			
	Tableros de alma enlistonada			
	Contrachapados			
Madera maciza	Colas de glutina. Colas de caseína Cola de contacto. Colas vinílicas. Adhesivos epoxi. Cianoacrilatos. Adhesivos aminoplásticos. Adhesivos fenólicos. Adhesivo universal "Imedio".	Cola de contacto. Colas vinílicas. Adhesivos epoxi. Adhesivos aminoplásticos. Adhesivos fenólicos. Adhesivo universal "Imedio".	Cola de contacto. Colas vinílicas. Adhesivos epoxi. Cianoacrilatos. Adhesivos aminoplásticos. Adhesivos fenólicos. Adhesivo universal "Imedio".	Colas de glutina Cola de contacto. Colas vinílicas. Adhesivo universal "Imedio".
Tableros alistonados				
Tableros de alma enlistonada				
Contrachapados				
Tableros aglomerados.		Cola de contacto. Colas vinílicas. Adhesivos epoxi. Adhesivos aminoplásticos. Adhesivos fenólicos. Adhesivo universal "Imedio".	Cola de contacto. Colas vinílicas. Adhesivos aminoplásticos. Adhesivos fenólicos. Adhesivo universal "Imedio".	Cola de contacto. Cola acrílica. Adhesivo universal "Imedio".
Tableros de fibras			Colas de glutina. Cola de contacto. Colas vinílicas. Adhesivos aminoplásticos. Adhesivos fenólicos. Adhesivo universal "Imedio".	Cola de contacto. Cola de contacto. Cola acrílica. Adhesivo universal "Imedio".
Corcho				Colas de glutina. Pegamento universal Cola de contacto. <sup>791</sup> Cola de contacto. <sup>792</sup> Cola vinílica. Cola acrílica.

<sup>791</sup> Basado en cauchos sintéticos (neopreno-isopreno).

<sup>792</sup> Es una cola de contacto cuyos disolventes no atacan los estirenos.



#### **5.4.5 Algunos consejos a la hora de manipular algunos adhesivos.**<sup>793</sup>

Los envases deben llenarse entre el 80 y el 90% de su capacidad total; esto permite, por una parte, tener en cuenta el coeficiente de dilatación elevado de ciertos adhesivos líquidos, y por otra parte, evitar la presencia de un volumen de aire importante susceptible de producir un efecto negativo en ciertos adhesivos.

Los adhesivos anaeróbicos se ven afectados negativamente por la ausencia de aire por eso los envases no se deben llenar más del 50%.

Hay que tener cuidado con los adhesivos que reaccionan con la humedad o los adhesivos higroscópicos ya pueden reaccionar durante el almacenamiento.

También hay adhesivos fotosensibles que hay que mantener alejados de la luz.

Los adhesivos en forma de película deben enrollarse con una película protectora e introducirlos en una bolsa de polietileno que se precinta.

Los productos fluidos deben agitarse con cuidado antes de su aplicación.

Debe tenerse cuidado al abrir los envases y observar si presentan piel superficial, separación de fases (del contenido: agua o disolvente y resina) o la presencia de materias extrañas.

Hay adhesivos que presentan un aspecto parecido: adhesivos tixotrópicos y adhesivos gelificados. Los primeros reducen su consistencia cuando se les agita o remueve, pero en los segundos no se produce este efecto.

Si se producen sedimentaciones de las cargas, se pueden volver a redispersar con un agitador hasta que sea homogéneo de nuevo.

---

<sup>793</sup> Vid. norma UNE-EN 1066:1997.

Algunos adhesivos y productos relacionados (tales como las imprimaciones) tienen tendencia a producir presión de vapor o gas durante el almacenamiento. Hay que tener cuidado si observamos que la tapa o el fondo están abombados.<sup>794</sup>

Se debe aplicar suficiente adhesivo para evitar una unión insuficiente y para que haya un ligero sobrante alrededor del borde de la unión.

El exceso de adhesivo debe eliminarse antes de que el adhesivo haya curado.

## 5.5 Clasificaciones

Como ya habíamos avanzado, vamos a ver dos maneras de clasificar los adhesivos que nos interesan (los relacionados con la madera). Se incorporan otros adhesivos que no tienen utilidad real en lo relacionado con la madera pero que creemos que nos puede servir para ubicar más adecuadamente los que sí tienen interés en ese campo.

### 5.5.1 Clasificación de adhesivos no estructurales para uniones de madera y productos derivados de ella, en función de los grupos de esfuerzos.

Vamos a realizar esta clasificación según las normas UNE.<sup>795</sup>

Grupos de esfuerzo	Ejemplos de condiciones climáticas y campos de aplicación
D1	Interior, en la que la temperatura exceda los 50° C sólo ocasionalmente por un corto período de tiempo y el contenido de humedad de la madera sea de un 15% como máximo.
D2	Interior con exposiciones ocasionales de corta duración de goteo o condensación de agua y/o a alta humedad ocasional siempre que el contenido de humedad de la madera no exceda el 18%.
D3	Interior con exposiciones frecuentes de corta duración a goteo o condensación de agua y/o a fuerte exposición a humedad alta. Exterior no expuesto al clima.
D4	Interior con exposiciones frecuentes de larga duración a goteo o condensación de agua. Exterior expuesto al clima pero con una protección adecuada por un recubrimiento superficial.

<sup>794</sup> Norma UNE-EN 1067:1997.

<sup>795</sup> UNE-EN 204:1993.

### 5.5.2 Clasificación general, según su origen o procedencia.

Adhesivos	Orgánicos	Naturales	Animales
			Vegetales
			Minerales
		Sintéticos	Termoplásticos
			Termoestables
			Bipoliméricos
			Siliconas
	Inorgánicos		

### Adhesivos orgánicos naturales

Animales (proteicas)	Colas obtenidas de mamíferos	Obtenidas de piel, tendones, huesos, cartílagos, etc.		Aplicación en caliente	Cola de piel	Colas a granel
						"Chardin, Pantin" (Francia) <sup>796</sup>
						"Fezandie y Sperrle" <sup>797</sup>
					Cola de huesos (osteocola)	Colas a granel
						Cola fuerte Givert
					Cola fuerte Lyon	
		Cola de pergamino				
			Gelatinas	Gelatinas a granel		
			Gelatinas alimenticias			
		Aplicación en frío				Adhesivo Comet
	Albúminas	Obtenidas de la sangre	Colas de sangre			
		Obtenidas de la leche	Poliamida natural: Caseína (CS)	Caseína a granel		
				"Caso Glue" <sup>798</sup>		
				Certus		
				"Le pages Casein Glue" <sup>799</sup>		
				Aglutinante de caseína. (Schmincke 50088.)		
	Polvo de caseína (Van Ginkel)					
Colas obtenidas de aves	Obtenidas del huevo	Clara de huevo				
Colas obtenidas de peces óseos (osteictios)	Obtenidas de pieles, espinas y desperdicios	Cola de pescado	Colas a granel			
	Obtenidas de la vejiga natatoria	Ictiocola (cola de esturión)	Cola a granel			
			Cola de esturión rusa			

### Adhesivos orgánicos naturales

<b>Minerales</b>	Asfalto
	Breas

<sup>796</sup> Según Ralph Mayer, op. cit. pág. 597.

<sup>797</sup> Ídem., pág. 597.

<sup>798</sup> Ídem., pág. 598.

<sup>799</sup> Ídem., pág. 598.

## Adhesivos orgánicos naturales

Vegetales	Polisacáridos de reserva de las plantas (Gomas de cereales)	Almidones	Pasta instantánea de almidón de trigo (Lineco)		Adhesivo de almidón (Lineco)
			Staysize 109		Stayco
			Almidón de trigo belga (Lineco)		Q-Tac
			Oxytrol		Amylon
			Clam paste		Vinamyl
			Vacu Glue 300 (Lineco)		
		Dextrinas	Dextrina blanca		Staclipse
	Dextrina amarilla		Stacolloid		
	Dextrina soluble en agua		Stadex (Pasta Stadex)		
	Exudados vegetales	Hidrocarburos...	Látex de caucho <sup>800</sup>		
			Gutapercha		
			Guayule		
			Resinas terpénicas	Colofonia	
				Sandárac	
				Almáciga	
		Colofonia			
		Copal			
		Ambar			
		Hidratos de carbono (polisacáridos)	Gomas <sup>801</sup>	Arábica	
				Tragacanto	
				De frutales: cerezo, albaricoque...	
				Karaya	
	Mucilagos <sup>802</sup>	Mucilagos de semillas de plantas terrestres		Semillas de linaza	
				Goma de guar	
				Goma de algarrobilla	
		Mucilagos de la vegetación marina (polisacáridos)	Carrageenina (del líquen de Irlanda).		Viscarin
			Gelloid		
			Stamere		
Algina (de las algas pardas)			Sherbelizer		
Mezcla de Carrageenina y Algina			Cocoloid		
Agar (de las algas rojas)					
Derivados de la celulosa	Éteres de celulosa	Metilcelulosa		Metilcelulosa (Lineco)	Methocel
		Carboximetilcelulosa (CMC)	Tylose C 300		Tylose C 600
			Tylose C 1000		Cellex
			Carmethose		
		Hidroxipropilcelulosa		Klucel G	
		Hidroxietilcelulosa	Tylose MH 50, MH 300, MHB 1000, MHB 3000 (Son Metilhidroxietilcelulosa)		
	Cellosize				
	Ethulose (Lineco). Es etil hidroxietil celulosa				
	Ésteres de celulosa		Nitrocelulosa (CN)		HGM adhesivo de nitrato de celulosa
	Proteína de soja		Cola de proteína de soja (Harina de grano oleaginoso) <sup>803</sup>		

<sup>800</sup> Aquí no es usual utilizar el látex de *Hevea Brasiliensis*, en su lugar se usa la variedad sintética "Laitex ME-10" del tipo RTV (Room Temperature Vulcanizing, es decir, que vulcaniza a temperatura ambiente).

<sup>801</sup> Pueden obtenerse recetas de mucílagos en Hiscox-Hopkins, op. cit., pág. 493.

<sup>802</sup> Recetas en Hiscox-Hopkins, op. cit., pág. 493.

<sup>803</sup> Montes, año I, n° 2, 1945, Montes, Madrid, pág 71.

## Adhesivos orgánicos sintéticos

<b>Adhesivos termoestables o termoendurecibles (Tc)</b>	<b>Compuestos Polihidroximetílicos</b>	Resinas aminoplásticas (Aminorresinas)	Urea-Formaldehído <sup>804</sup> (UF)	Aerolite (Ciba Geigy)	Urac
				Cascamite	Formaset LC-1
				Parez	Beckamine
				Melocol H	Melocol 306
				Melocol FFS	Melocol 300 S
				CH-3	Brill-mobel
				Plyamine	Resloom E-50
				Kaurit WHK (Kaurita, o Caurite <sup>805</sup> )	Casco H
				E1 (de Casco Products)	
			Melamina-formaldehído (MF)	Resloom	Melmac
				Parez	Diaron
				Resina 1014	
				Super-Beckamine	Pressal
			Melamina butiladas		
			Acrílicas de melamina		
		Resinas fenoplásticas (Resinas fenólicas)	Fenol-formaldehído <sup>806</sup> (FF) o (PF)	Baquelita BR 15 100	Beckacite
				Carbo-Korez	PH 990 Resin
				Tego (film)	Dyphene
				Plyophen P-398	Casco-fen P-8
				Plaskon	Trolon
				Vitrosil	AlbertoL <sup>807</sup>
				Durite	Resinox
				Heresite	Super-Beckacite
			Fenol-furfural <sup>808</sup>		
		Resinas "fortificadas"	Urea-Resorcina		
			Melamina- Urea-Formaldehído (MUF)	Melurac	Resimene
				Uformite	E2 ((de Casco Products)
			Melamina-fenol-formol (MPF)		
			Urea-fenol-formaldehído		
			Resorcina-fenol-formaldehído <sup>809</sup> (RPF) Resorcina-formaldehído (RF)	Penacolite	Resina 12 <sup>810</sup>
				Casco fen RS-216-M	

<sup>804</sup> La urea también es conocida como carbamida.

<sup>805</sup> Su presentación era en solución o en polvo.

<sup>806</sup> El fenol también es conocido como cresol.

<sup>807</sup> Mezcla que lleva resinas naturales.

<sup>808</sup> El furfural es otro aldehído que sustituye en esta resina al formaldehído.

<sup>809</sup> También denominadas: resinas de fenol-resorcina, resorcina-formaldehído y resorcinol-formaldehído.

<sup>810</sup> Eran resinas en forma de jarabe, resistentes a los microorganismos y a la intemperie, que fraguaban por alta frecuencia.

## Adhesivos orgánicos sintéticos

<b>Adhesivos termoestables</b> (Termoendurecibles o termo fijas o Termo resistentes)	Epoxi (EP) <sup>811</sup>		Tyhoweld (Tygoweld)	Arnox (un componente, líquidas y sólidas)
			Der	Araldit AW 106 (Ciba-Geigy)
			Deraspan	Araldit AY 103 (Ciba-Geigy)
			Durcon 6	Araldit M (Ciba-Geigy)
			Epiphen	Araldit rápido
			Epiphen ER-823	Araldit estándar
			Epon	Hyxtal NLY-1 (Preservation Equipment Ltd.)
			Eponol	Ablebond 342-1 (Preservation Equipment Ltd.)
			Epotuf	Scotch-Weld DP-105
			Woodepoxy	Epo-Tek 301
			Nural 20	Epo-Tek 301-2
			Nural 22, 26, 21 y 27	Imedio Combi Standard
			Imedio Combi Súper	Imedio Combi Rápido
			Milliput superfino (Productos de Conservación)	GenEpoxy
	Epoxi-Novolaca		Den	
	Poliisocianatos <sup>812</sup>		Mondur	Desmodur <sup>813</sup> Desmophen (Bayer)
			Papi	Carwinate
	Diisocianato de metileno o Metileno difenil diisocianato (MDI)			
	Poliuretanos (PUR) <sup>814</sup>		Espumas rígidas	Sintemad 9111, 9369, 9120, 490
			Colas termofusibles PUR	
			Espuma en aerosol	Foampur Orbafoam (Quilosa) Betacote
			Monocomponente	Sikaflex PU – LS (Otaduy) Betaseal HV3 (Gurit-Essex)
	Poliéster (UP)	No saturados	Resina	Derakane Palatal P 5 Crystic Resipol Desmocoll Cronolita 1019 EI
			Film	Palapreg LH Palapreg LHZ
			Revestimiento	Polywood
			Masilla	Maderceys (Ceys) Metalceys Poliplast, Polioplast Tix (Otaduy)
		Termoplástico		Kodar
		Saturados	Alquídicas	Beckosol Crestalkyd Neolyn Glyptal Mirasol Polyliite

<sup>811</sup> Adhesivos metal-madera en frío.

<sup>812</sup> Según la norma UNE-EN 923:2000, son productos que contienen dos o mas grupos isocianato en su molécula. Suelen utilizarse para fabricar adhesivos de fraguado por humedad, para adhesivos con alto contenido en sólidos, como imprimación, etc.

<sup>813</sup> Resina de poliuretano de dos componentes: Polyl Baydur VP PU1336 e Isocianato Desmodur 44 P 01. La resina Desmodur es un plástico líquido de poliuretano inventado por Bayer en los años 30.

<sup>814</sup> Según la norma UNE-EN 923:2000, son productos de reacción de un poliisocianato y un polioli en el que se repite el grupo uretano –NH-CO-O-. Se utilizan para adhesivos con disolvente, para adhesivos en dispersión, termofusibles, etc.

### Adhesivos orgánicos sintéticos

Adhesivos Termoplásticos (Tp)	Adhesivos polivinílicos	Ésteres de polivinilo	Acetato de polivinilo (PVAC) <sup>815</sup>	Mowilith DMC 2	Tygobond
				Mowilith 35/73	Daratak
				Mowilith 20, 40 y 60	Vinac
				Mowilith DM 2, DM 5, DM 21	Resyn
				Cola neutra Filmolux	Quilosa Unifix
				Celanese CL 102, 104, 202, 203	Vinavil NPC
				Otakol especial	Croidpolistick
				Otakol Standard	Vinavil 59
				Otakol Bricolaje	Rhodopas M
				Otakol Exterior	Rhodopas B
				Otakol rápida	Wallpol
				PVA M-218 "Hewitt" reversible	Gelva
				Adhesivo blanco pH neutro (Lineco)	Everflex
				Rhodopas B	Rhodopas M
				Elmer's Glue-All <sup>816</sup>	Griffco
				Adhesivo Henkel	Borden
				Cola blanca Rakoll	Evostik
				Rayt extra Madera	Rayt CP 1313
				Rayt standard Madera	Flexbond
				Tibetan Wood Adhesive <sup>817</sup>	Alcamer
		Éter de vinilo		Etil-vinil-éter (EVE)	Lutonal
		Éteres de polivinilo	Polivinil etil éter (PVE)		
			Polivinil isobutil éter (PVI)		
			Polivinil metil éter (PVM)		
		Alcohol polivinílico (PVAL)	"CP" Bond	Rhodoviol 4/125	
			Elvanol (Elvarol)	Gelvato 40/20	
			Lemol	Alcotx	
			Poliviol	Mowiol 4/98	
			Adhesivo de alcohol polivinílico (Lineco)		
		Acetales de polivinilo	Acetal polivinilo		
			Formal polivinilo (PVFM)		
			Butiral polivinilo (PVB)	Pioloform	
		Poliestireno (PS)		Butacite	
			Expandible (En perla o comprimido)	Pelaspán	
				Dylite	
				Neorez	
			Expandido	Styrofoam	
			Espuma	Structo-Foam	
			Disolución o dispersión acuosa		

<sup>815</sup> Este tipo de adhesivos se comercializa con distintas presentaciones: en emulsión, en disolución, sólido, etc. Nosotros no hacemos esa distinción en estos ejemplos que presentamos.

<sup>816</sup> Según Ralph Mayer, *Materiales y Técnicas del Arte*, Editorial Blume, Madrid, 1990, pág. 598.

<sup>817</sup> Emulsión de acetato de polivinilo fabricada por la Franklin Chemical Company.



## Adhesivos orgánicos sintéticos

Adhesivos termoplásticos	Adhesivos acrílicos	Polímeros o cop. del ác. acrílico, metacrílico, ésteres de estos ácidos o acrilonitrilo	Ésteres del ac. metacrílico	Metacrilato de etilo	Paraloid B-72 Plexigum N 80 Plexigum N 742 Resina acrílica Lascaux 742-33 A	
				Metacrilato de metilo	Paraloid B-82 Synocril 9122X Lucite Paraloid B-48 N	
				Metacrilato de isobutilo	Paraloid B-67 Plex 5370L Plexigum P28	
				Metacrilato de butilo	Plexisol P 550 Plexigum P 675 Resina acrílica Lascaux P 550-40 TB	
				Cop. acrilatos y metacrilatos	Primal AC-33 (AC 532)	
					Primal AC-34 (AC 235K)	
					Primal B60A	
					De etilo y metilo	Plextol B-500
			Plextol D 360			
			Plextol D 540			
			Plextol D 498			
			Emulsión acrílica Lascaux D 498-M			
			Fondo Hydro Lascaux D 750-M			
			Cop. de acrilato	Acronal 500 D (		
				Neo-Cryl		
				Binder S		
		Ésteres del ac. acrílico	Acrilato de metilo			
			Acrilato de etilo	Pliantex		
			Acrilato de isobutilo			
			Acrilato de butilo	Adhesivo acrílico Lascaux 360 HV		
				Adhesivo acrílico Lascaux 498 HV		
				Adhesivo acrílico Lascaux 498 20 X		
		Mowilith DM 771				
		Adhesivos de alquil-2-cianoacrilatos	Monocomponente	Eastman 910		
				Imedio Adhesivo Súper-rápido automatic pen		
Loctite 401 (Loctite)						
Cyanolit 732-F						
Gel super glue-3 (Loctite)						
Bicomponentes	Loctite multi-bond					
Adhesivos de poliamida (PA) (nilón y versamidas)	Poliamida textil 12 (Nylon 12)					
	Calaton CA					
	Milvex					
	Zytel					
	Calaton CB, Nylon soluble					

### **Adhesivos orgánicos sintéticos**

Adhesivos bipoliméricos	Epoxi + nylon (poliamida) <sup>818</sup>		Corlar
	Caucho + resinas de fenol-formaldehído		
	Caucho + neopreno		
	Polivinil acetal + resina de formaldehído		
	Vinil-butiral-fenólicos	Para paneles de metal-madera	
	Vinil-formal-fenólicos		
	Cauchos de nitrilo-epoxi		
	Cauchos de nitrilo-fenólico		
	Fenólico-epoxi		
		Resinas unión metal-metal (se aplican pulverizadas y luego presión de 7 a 70 Kg/cm <sup>2</sup> y 90 a 160° C).	Metalbond (Ca Vultee)
			Pliobond (Goodyear)
	Nilón-fenólico		Cycleweld (Chrysler)
	Fenólica-polivinílica	Resinas metal-madera, metal-metal (resina fenólica sobre la que se agrega una polivinílica en polvo. Presión: 14 Kg/cm <sup>2</sup> y temperatura de 150° C durante 15 minutos)	Redux

<sup>818</sup> Película seca sin soporte. También denominadas “película adhesiva sin soporte”. Se refiere, según la norma UNE-EN 923:2000, a todo aquel adhesivo suministrado en forma de hoja película o banda, sin llevar soporte incorporado; frente a las “películas adhesivas con soporte” en las que el adhesivo es suministrado en forma de hoja o película con un soporte incorporado, el cual permanece en la unión tanto durante la aplicación del adhesivo como durante el uso.

## Adhesivos orgánicos sintéticos

Elastómeros <sup>819</sup>	Caucho natural			
	Cauchos sintéticos	Polibutadienos		En Alemania: Buna 32, 85 115 En Rusia: SKA, SKB, etc.
		Policloropreno (neopreno).		Elprene Dupreno Certuplast <sup>820</sup>
		Caucho de poliisopreno		Coral
		Cop. de butadieno y estireno Copolímeros de Estireno-butadieno (SBR).		En Alemania: Buna S.
				En USA: GRS.
				cos “BUNA”
				Hycar
		Látex de estireno-butadieno		Piolite
				Naugapol
		Látex acrílico y de estireno-butadieno		Darex
				FR-S Gen-Flo Latices
		Látex de vinilpiridina, butadieno y estireno		“Dylex” Latices
		Caucho nitrilo (caucho de acrilonitrilo, caucho de acrilonitrilo butadieno, caucho de nitrilo butadieno) NBR. Cop. de butadieno acronitrilo (NBR)		Gen-Tac látex
				Hycar
				Paracril
	En Alemania: Buna N o Perbuna. En USA: GRA.			
	Elastómeros de acrilonitrilo, butadieno y látex		FR-N Chemigum	
	Cop. de butadieno		Butaprene	
	Thiokol (látex) Caucho de polisulfuro.		Thiokol	
	Otros procesos industriales	Vulcalock	Caucho bruto + (Ciclocaucho) Ác. sulfúrico	El cemento Chrysler (Cycleweld) se usa para unir caucho a madera <sup>821</sup> .
Cycleweld				

<sup>819</sup> Según Román y Arroyo, op. cit., pág 204.

<sup>820</sup> Además de encolar maderas también se utilizó para encolados de plásticos estratificados.

<sup>821</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág 204.

### Adhesivos orgánicos sintéticos

<b>Siliconas (SI)</b>	Para moldeo	Goma látex qualitex PV (Productos de Conservación)	Zetalabor
		Goma silicona Rhodorsil RTV 585, 831, 832, 847, 835, 589, 501, 573, y 583	Silicex RTV-847 y RTV-863
		Elite Platinum (Elite)	STA-SEAL
		Elite Double	Thixoflex
		Coltex	
	Resinas	Rhodorsil RC 70, RC 80, RC 90 y 11309	Dri-Film 88
		Rhodorsil H 224	Dri-Film 144
		Rhodorsil H L 100	
		Fabric-sil	Dri-Film 1042
		Tegosivin HL 100	Dri-Film 1040
		Tegovakon V y H	Wacker OH
	Masillas	Sellaceys	

### Adhesivos inorgánicos

<b>Adhesivos inorgánicos</b>	Silicatos sintéticos. (Silicatos solubles)	Silicato sódico <sup>822</sup> (vidrio soluble)	Britesil
	Fraguado por pérdida de agua	Silicato de aluminio hidratado	Barden
	Cementos		
	Yesos		Moldurex bote azul (escayola dura para hacer moldes)
			Moldurex bote blanco Giluform (Productos de Conservación)

<sup>822</sup> Fragua por pérdida de agua. Se utiliza mucho como revestimiento protector para madera, piedra, etc. No es insoluble una vez seco.

### 5.5.3 Tipos de adhesivos y sus principales componentes según la tabla A1 de la norma UNE-EN 923:2000.

Adhesivo (naturaleza física)	Ligante	Nº de componentes <sup>823</sup>	Fraguado en caliente (h) frío (c) <sup>824</sup>	Notas
Cola <sup>825</sup>	- Almidón, dextrina. - Éteres de celulosa. - Caseína. - Ésteres del ácido poliacrílico. - Alcohol polivinílico. - Polivinil pirrolidona.	1	c	Los disolventes volátiles (principalmente agua) se evaporan durante el fraguado.
	- Glutina	1	h	
En pasta <sup>826</sup>	- Almidón. - Éter de celulosa, derivados acrílicos.	1	c	
Con disolvente y en dispersión <sup>827</sup>	Caucho natural, caucho sintético de baja polaridad (caucho butadieno-estireno). Cop. Butadieno-acrilonitrilo. Policlorobutadieno. Poliuretano. Acetato de polivinilo. Cop. De acetato de vinilo. Polivinil propional. Ésteres del ácido poliacrílico. Éter polivinílico. Cloruro de polivinilo. Cop. De cloruro de vinilo. Cop. De cloruro de vinilideno. Poliéster. Poliestireno. Éster del ácido estireno-acrílico.			Los disolventes volátiles o los agentes de dispersión se evaporan ampliamente antes o durante el fraguado.
	Plastisoles de cloruro de polivinilo	1	h	
Termofusibles. <sup>828</sup>	Caucho de butadieno-estireno. Caucho de estireno-isopreno. Acetato de vinil-etileno. Acetato de vinilo/viniléster. Poliamida, poliamidoaminas. Poliéster.	1	h	
Reacción <sup>829</sup>	- Silicatos solubles	1, (2)	c, (h)	Los disolventes volátiles o el agua se evaporan junto con los productos de
	- Cemento hidráulico	1, (2)	c	

<sup>823</sup> Las soluciones alternativas se indican entre paréntesis.

<sup>824</sup> Las soluciones alternativas se indican entre paréntesis. (h) quiere decir “hot” (caliente), (c) quiere decir “cold” (frío).

<sup>825</sup> Fraguado físico o fisico-químico.

<sup>826</sup> Idem.

<sup>827</sup> Idem.

<sup>828</sup> Idem.

<sup>829</sup> Fraguado químico.

<b>Adhesivo (naturaleza física)</b>	<b>Ligante</b>	<b>Nº de componentes<sup>823</sup></b>	<b>Fraguado en caliente (h) frio (c)<sup>824</sup></b>	<b>Notas</b>
	- Resinas Fenólicas, de melamina, de urea, de formaldehído, solubles en agua.	1, 2	h, c	conversión formados durante el fraguado.
	- Resina fenólica con polivinil acetales o con caucho nitrilo.	1, 2	h	Los productos de conversión volátiles se evaporan durante el fraguado.
	- Poliamidas, polibenzimidazoles.	2	h	
	- Resinas de silicona, endurecimiento por humedad.	1	c	
	Resinas de poliéster insaturado. Derivados vinílicos y acrílicos.	2	c	Los componentes reactivos volátiles se incorporan al plano de pegado por vía química.
	Ácido dimetil acrílico/diolésteres, fraguado anaeróbico.	1	c	Sin componentes volátiles.
	Ésteres del ácido ciano acrílico.	1	c	
	Poliisocianatos, endurecimiento por humedad.	1	c	
	Poliisocianatos / polioles.	2	c, (h)	
	Epoxi / poli (amido) aminas.	2	c, (h)	
	Epoxi / ácido anhídrico.	2	h	
	Resinas epoxi especiales.	1	h	

#### 5.5.4 Adhesivos para sellado en caliente.

<b>Adhesivo para sellado en caliente</b> (Hot-Seal Adhesive)	Acetato de vinilo/etileno, resina cetónica N, parafina	En gel	Beva 371 (Lascaux) Gustav Berger's original formula Beva 371	
		En film	Beva 371 (Lascaux) Beva original formula 371 film	
			En aerosol	Adhesivo Lascaux 371. (Hot-seal Adhesive 371)
	Paraloid	En tisú recubierto de adhesivo	Area Bonded Fibre Archibond Tisú	
			En tela impregnada de adhesivo	Archival Cloth
		Sin soporte	Unsoported Archibond	
	Fenol-formaldehído	Film adhesivo sobre papel <sup>830</sup>	Tego (Tegofilm)	
	Urea-formaldehído	Film adhesivo sobre papel		
	Melamina-formaldehído			
	Elastómeros de estireno-butadieno (adhesivo de fundido en caliente y de aplicación húmeda, sensibles a la presión)		Kraton 101	
	Derivados de la celulosa	Etilcelulosa		
	Asfaltos naturales			
	Alquitrán			
	Resinas naturales	Barnices, mediums, emulsiones, formulación de pinturas, reentelados, etc.	Colofonia Damar Almácigao mástic Sandárac Copal Ámbar Goma laca	
	ceras	Barnices, formulación de pinturas, emulsiones, reentelados, etc.	Abeja Carnaúba Candelilla China Montan	Ceresina Parafina Microcristalina Ozoquerita

<sup>830</sup> Esta presentación del adhesivo tiene una aplicación específica en la fabricación de los tableros contrachapados, utilizándose altas temperaturas de curado (a partir de los 100° C).

### 5.5.5 Tipos de adhesivos y productos relacionados, según la norma UNE-EN 1066:1997.

Tipo	Producto	Notas
<b>A</b>	Productos fluidos que presentan una única fase líquida homogénea.	Pueden contener un disolvente, un plastificante u otros compuestos similares.
<b>B</b>	Productos fluidos que presentan dos fases líquidas.	Las emulsiones.
<b>C</b>	Productos fluidos que presentan una o dos fases líquidas junto con una o más fases sólidas.	Las dispersiones acuosas.
<b>D</b>	Productos viscosos que presentan habitualmente una o más fases sólidas con pequeñas cantidades de una fase líquida.	Las masillas.
<b>E</b>	Productos pulverulentos.	
<b>F</b>	Productos sólidos no pulverulentos.	Bloques, películas, varillas, hojas, gránulos, etc.

### 5.5.6 Masillas.

Masillas	Selladoras		Masilla Scotch 3M
			Sellaceys
	Para metales		Masilla sintética Mongay
			Tygofil
			Metalceys
			Masilla Emzell
	Para madera	Base disolvente	Emplasdema (Otaduy)
		Base agua	Emplas Agua (Otaduy)
			Hidroplast (Otaduy)
		Ligante (al que se le incorpora polvo de madera)	Otaplast (Otaduy)
			Liquidwood
			Araldit SV 427 (Ciba-Geigy)
			Maderceys
			Pasta de madera Liberon
			Woodepoxy
		Nitrocelulosa y polvo de madera	Rebouche bois <sup>831</sup>
	Para madera y muros	Masilla Feinspachtel	
		Masilla Faserspachtel	
		Modostuco	
		Otasel (Otaduy)	
		Aguaplast	
		Blumestuco	

<sup>831</sup> Significa *rellena maderas* y es de la firma *Sinto*. Puede ser aplicado en capa fina o gruesa, seca rápido y es apto tanto para carpintería como para objetos artísticos.



### 5.5.7 Otras masillas.

Se trata de masillas de las que no se tiene información alguna por parte del fabricante sobre sus componentes. Las incluimos por considerar que son de interés para el artista.

Masilla adhesiva de epóxido en barra	Epoxybond
--------------------------------------	-----------

Adhesivo de madera extra rápido y extrafuerte (Almadén)	Evostick resina "W"
---	---------------------

Resina de impregnación	Piyophen
------------------------	----------

### 5.5.8 Adhesivos Hot-melt.

Adhesivos termoplásticos	Adhesivos de fusión en caliente (Hot-melt Adhesive)	Copolímeros de etileno/acetato de vinilo (EVA)	Ultrathene	
			Elvace	
			Levapren 450	
		Polímeros de acetato de vinilo	Gelva	
		Polivinil acetales		
		Emulsiones de PVA	Vinac	
		Poliiolefinas		
		Basados en polietileno (PE)	Epolene	
		Polipropileno (PP)		
		Poliestirenos		
		Colas termofusibles PUR		
		Poliamidas	Basadas en ac. diméricos	Emerez
				Versalon
	Versamid			

Adhesivos de fusión en caliente (Hot melt)	Eastobond
	Sintex DM-32 <sup>832</sup>

<sup>832</sup> Es de la firma Quilosa, aparece en el año 2000 y está ideado para canteo de tableros. Es de color blanco y natural. Se expende en sacos de 25 Kg.

### 5.5.9 Adhesivos según el tipo de curado.

#### Clasificación según el tipo de curado<sup>833</sup>

Curado por reacción química	Curado por polimerización	Adhesivos de 2 componentes	Poliésteres	Saturados	Alquídicas	
				No saturados	poliésteres	
			Acrilatos de 2 componentes y curado en frío			
		Adhesivos de 1 componente	Cianoacrilatos			
			Adhesivos anaeróbicos			
	Curado por poliadición	Resinas epoxídicas (2 componentes)				
		Adhesivos de poliuretano				
	Curado por condensación	Compuestos polihidroximetílicos	Resinas aminoplásticas	Urea-formaldehído		
				Urea-melamina-formaldehído		
				Melamina-formaldehído		
			Resinas fenoplásticas	Fenol-formaldehído		
				Resorcina-fenol-formaldehído		
		Adhesivos de silicona				

<sup>833</sup> Cuadro-resumen extractado de Margarita San Andrés, op. cit., pág.19-43.

Curado sin reacción química	Aplicación sin disolventes volátiles. (Por calor)	Adhesivos termofusibles (Hot-melt)		Basados en polietileno	
				Colas termofusibles de Poliuretano (PUR)	
				Las poliamidas	
				Cop. de etileno/acetato de vinilo (EVA)	
	Disoluciones adhesivas en las que el disolvente se evapora antes de verificarse la unión	Adhesivos de sellado por calor (Hot-seal) (Sensibles a las altas frecuencias)	Cop. de cloruro de vinilo o cloruro de vinilideno		
			Cop. de acetato de vinilo y polimetacrilatos, poliuretanos y poliésteres		
			Cop. de etileno y vinilo, acetato de vinilo y policiclohexanona (Los Beva)		
			Algunas disoluciones de resinas de PVA		
		Adhesivos de contacto			
		Adhesivos bipoliméricos--			
	Disoluciones adhesivas en las que el disolvente se evapora durante la formación de la unión	Disoluciones de sustancias poliméricas y resinas en disolventes orgánicos	Adhesivos que curan por evaporación del disolvente. El polímero disuelto se adhiere a las superficies	Poliestireno	
				Adhesivos multiusos	PVA (no-emulsión)
			Pegamento lmedio		
			Nitrocelulosa		
		Adhesivos para plásticos en los que el disolvente hincha las superficies plásticas (Primal/tolueno)			
		Disoluciones acuosas de almidón y dextrina			
		Cola de proteína de soja			
		Gomas			
		Mucílagos			
		Disoluciones acuosas de éteres celulósicos	Hidroxietil celulosa		
			Hidroxipropilcelulosa		
			Carboximetilcelulosa		
			Metilcelulosa		
		Disoluciones acuosas de colas animales <sup>834</sup>	Cola de piel, cola de huesos		
			Gelatina		
			Colas de pescado e lctiocola		
			Caseína		
Albúmina de huevo					
Colas de sangre					
Emulsiones o dispersiones acuosas de componentes poliméricos (De los adhesivos más importantes)		Resinas acrílicas			
		Resinas vinílicas			
Adhesivos inorgánicos		Silicato sódico			
		Cementos			
	Yesos				

<sup>834</sup> Más adelante se ofrece un cuadro detallado de las colas de origen animal.

### Clasificación por su forma de gelificar, según las normas UNE.<sup>835</sup>

	Forma de gelificar	Tipo de adhesivo
Por pérdida de un componente volátil por evaporación o por difusión.	Pérdida de disolvente orgánico.	Solución de caucho
	Pérdida de agua.	Almidón, cola animal, látex de caucho, silicato sódico, acetato de polivinilo, etc.
	Por enfriamiento.	Cola animal.
	Por Policondensación.	Urea-formaldehído, fenol-formaldehído.
	Por poliadición, por efecto del calor, los catalizadores y/o la luz.	Varios poliésteres y poliuretanos.

## 5.6 Desarrollo de los adhesivos según el sistema de curado utilizado.

Curan sin reacción química o con reacción química.

### 5.6.1 Adhesivos que curan sin reacción química.

Se contemplan varias posibilidades:

#### 5.6.1.1 Adhesivos en los que el disolvente se evapora antes de efectuarse la unión.

Pueden ser de varios tipos:

- **Adhesivos de contacto.**

También se les denomina: **Adhesivos de impacto**, **Adhesivos con base de caucho**<sup>836</sup>.

En ellos el disolvente que contiene el adhesivo se evapora antes de realizarse la unión.

<sup>835</sup> Norma UNE-EN 923:2000.

<sup>836</sup> Los adhesivos fluidos suelen dividirse en dos categorías según el tipo de disolvente: si el disolvente es de tipo orgánico, se denominan CEMENTOS (para pegar textiles-caucho, tuberías, etc.), si el disolvente es acuoso, se denominan LÁTEX y su función principal es adherir cuero-cuero, cuero-filtro y caucho-papel. El más importante es el Neopreno y derivados (PC).

Usos: Principalmente usado para el encolado de láminas. Se usa en estos casos para que no se produzca una penetración del adhesivo (si fuera acuoso o muy fluido) en las finas chapas de recubrimiento pues acabarían produciendo manchas en la superficie.

Se aplica en ambas caras una capa fina, se espera a que el disolvente evapore, en unos 15 minutos más o menos dependiendo de los productos. Es mejor aplicar una segunda capa, sobre todo en las testas. Después se unen ambos sustratos con fuerte presión (unos 5 Kg/cm<sup>2</sup>).

Se les denomina también “adhesivos de impacto” pues parece ser que no es tan importante el tiempo durante el que se efectúa la presión sino la presión aplicada.<sup>837</sup>

Usos: Se usa para encolar láminas de resinas fenólicas para la decoración, láminas de melamina a encimeras, etc. Chapeado con maderas naturales. No debería usarse para confeccionar ni estructuras ni ensamblajes para bastidores porque su adhesividad es instantánea y no permite corregir los errores si se desliza alguna de las piezas, quedando desencajada la unión. No obstante, es muy útil donde no se pueda utilizar la presión por no llegar los gatos, por ejemplo:

Como las capas se unen de inmediato y es difícil manejarlas, se utiliza el sistema de la hoja deslizante; se coloca un trozo de papel de embalar entre la chapa y la base y se retira gradualmente.

Una ventaja de este adhesivo es que no tiende a curvar la base ya que no se emplea agua. Así no hay hinchazón seguida de contracción, lo que es la causa de la distorsión cuando se usan otros adhesivos.<sup>838</sup>

Usados también para pegar telas a madera.

Son adhesivos que secan rápidamente (minutos) pero los disolventes que contienen son muy inflamables y emiten olores muy desagradables. De

---

<sup>837</sup> También reciben esta denominación porque hay profesionales que ejercen la presión, en vez de con gatos, dando continuos golpes con un mazo de caucho. (Esto también puede verse en los zapateros al encolar suelas, por ejemplo).

<sup>838</sup> HAYWARD, Charles H., *Carpintería y ebanistería prácticas*, Ediciones Ceac, S. A., Barcelona, 1990, pág. 156.

todas maneras son adhesivos que consiguen uniones poco resistentes en todos los aspectos.

También en los adhesivos de contacto se está trabajando con disolventes acuosos, aunque el tiempo de fraguado es superior (unos 20 minutos).<sup>839</sup>

Productos comerciales:

- Base solvente:
  - Novopren (Rayt).
  - Royal California.
  - Estraticol.
  - Pattex.
  - Krafft.
  - Panlker.
  - Lefkoll (LE & FA).
  - Bostik (adhesivo de cloropreno que fue novedad en Construmat 77).
  - Contactol (Otaduy).
- Base agua:
  - Hidrocontact (Otaduy).

Según la norma UNE-EN 923:2000:

- Caucho natural (NR)<sup>840</sup>: Material sólido que presenta propiedades elásticas, obtenido a partir del *Hevea brasiliensis*. Su componente principal es cis-1,4-poliisopreno.

---

<sup>839</sup> Para más información vid. “Los solventes orgánicos estarán prohibidos en EE.UU. a finales de 1995”, *Aitim*, nº 137, Ene-Feb, 1995, Aitim, Madrid, pág. 45.

<sup>840</sup> La letra “R” se refiere a rubber, denominación inglesa para caucho, goma, etc., esto es, “natural rubber” o caucho natural.

- Caucho ciclado: Derivado del isómero del caucho natural, obtenido por diversos tratamientos químicos. Son productos resinosos que se emplean como adhesivos caucho-metal.
- Caucho clorado: Polvo blanco o producto fibroso obtenido mediante cloración controlada del caucho natural. Se utiliza como ingrediente de mezcla en los adhesivos en base disolvente.
- Caucho de butadieno-acrilonitrilo (NBR), caucho de nitrilo, nitril-butadieno: Cauchos sintéticos obtenidos por copolimerización del butadieno-1,3 y del acrilonitrilo. Se usan como base de adhesivos con disolvente. También está disponible en forma de látex utilizados en la obtención de adhesivos en dispersión.
- Caucho de butadieno-estireno (SBR): Cauchos sintéticos de aplicación general obtenidos por copolimerización del butadieno-1,3 y del estireno. Son base de adhesivos con disolvente pero también existe en forma de látex formando parte de muchos adhesivos.
- Caucho de copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBSR): Cauchos sintéticos obtenidos por copolimerización de estireno y butadieno. Se utilizan en adhesivos termofusibles y en adhesivos con disolvente.
- Caucho butilo (IIR): cauchos sintéticos obtenidos por copolimerización del isobutileno y del isopreno (2.metil butadieno).
- Caucho cloropreno (CR), policloropreno: Cauchos sintéticos basados en el 2-clorobutadieno-1,3 polimerizado. Usados frecuentemente como adhesivos de contacto y en adhesivos con disolvente. Muy usados en la industria del calzado, del mueble, etc. También está disponible en forma de látex para adhesivos en dispersión.

- **Adhesivos para sellado en caliente.**

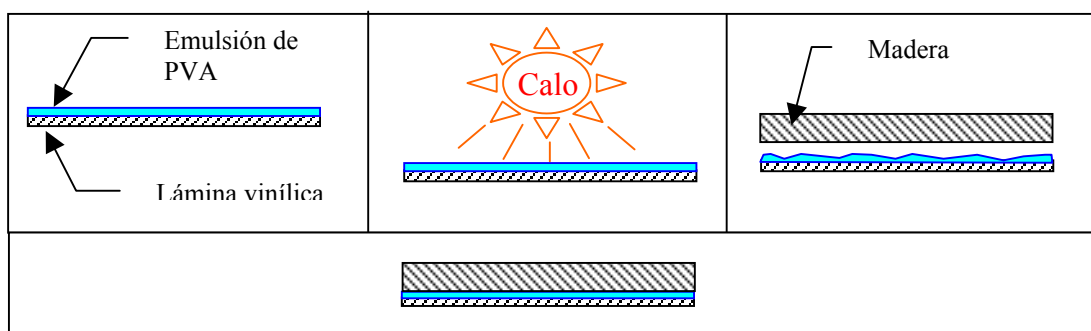
Reciben también el nombre de: **adhesivos de sellado por calor. (Hot Seal Adhesives).**

En estos adhesivos el curado se produce al aplicar calor sobre los sustratos que han de unirse, después de haber extendido sobre ellos un adhesivo del que el disolvente que contenía se ha evaporado con anterioridad.

Al aplicar este calor, el adhesivo se funde, mojando de esa manera el sustrato. Cuando el adhesivo se enfría se solidifica, produciéndose la unión. Se pueden incluir muchos adhesivos en esta categoría dado que existen muchos adhesivos con características termoplásticas. Los más empleados son:

- Copolímeros de cloruro de vinilo o cloruro de vinilideno.
- Copolímeros de acetato de vinilo y polimetacrilatos, poliuretanos y poliésteres.
- Disoluciones de resinas de PVA.
- Copolímeros de etileno y vinilo, acetato de vinilo y policiclohexanona (BEVA).

En la unión láminas vinílicas a madera, se utilizan emulsiones de resinas de PVA de la siguiente manera:



#### • Adhesivos bipoliméricos.

Compuestos por un polímero termoestable y un polímero termoplástico e incluso, a veces, un elastómero.

Adhesivos muy utilizados en la industria aeronáutica, generan uniones de lo más fuerte y resistente.



Uniones de adhesivos			Notas
Polímero termoestable	Polímero termoplástico	Elastómero	
EPOXI	NILÓN (Poliamida)		De los adhesivos más fuertes y resistentes.
Resinas de Fenol-formaldehído		Caucho de NEOPRENO	Metal a madera (presión y en caliente)
Resinas de Fenol-formaldehído	Polivinil-acetal		Metal a madera (presión y en caliente). En la industria aeronáutica. El termoplástico flexibiliza el adhesivo.
EPOXI		Caucho de NITRILO	Metal a madera (presión y en caliente). En la industria aeronáutica. El termoplástico flexibiliza el adhesivo.
Resinas de Fenol-formaldehído		Caucho de NITRILO	
Resinas de Fenol-formaldehído	Resina polivinílica		Para uniones metal-madera y metal-metal. Es una resina fenólica sobre la que se agrega una polivinílica en polvo. Se le da una presión de 14 Kg/cm <sup>2</sup> y una temperatura de 150° C durante 15 min. <sup>841</sup>
Resinas de Fenol-formaldehído	Polivinil-butiral		Encolar metal a madera (presión en caliente).
Resinas de Fenol-formaldehído	NILÓN (Poliamida)		Metal a metal. Se aplican pulverizados y luego presión de 7 a 70 Kg/cm <sup>2</sup> y temperaturas de 90 a 160° C. <sup>842</sup>

#### 5.6.1.2 Adhesivos aplicados a los sustratos sin el concurso de disolvente.

No necesitan del calor para su fraguado y pueden ser de varios tipos:

- **Adhesivos Termofusibles.**

También se les denomina: **adhesivos de fusión en caliente. (Hot-Melt Adhesives).**

Su curado se produce sin ninguna reacción química. A temperatura ambiente son adhesivos sólidos. Están presentes en el mercado en formas muy diversas: barra, granulado, cordones continuos, película, etc.

El adhesivo se funde por el calor (entre 160-220° C) y se extiende por uno de los sustratos, se aplica rápidamente el otro y se presionan fuertemente (2-5 Kg/cm<sup>2</sup>) durante unos segundos. Los sustratos quedarán unidos cuando se enfríe el adhesivo y vuelva a su anterior estado sólido. Esta propiedad es característica de muchas resinas termoplásticas.

<sup>841</sup> Sistemas y adhesivos Redux.

<sup>842</sup> Cycleweld (Chrysler).

Puede haber una cierta confusión con los adhesivos para sellado en caliente (Hot-Seal Adhesives) pero los Hot-Melt se aplican sin disolventes volátiles, a diferencia de los Hot-Seal en los que el disolvente se evapora antes de verificarse la unión.

No presentan riesgos medioambientales salvo que contengan estabilizadores (antioxidantes) que pueden emitir vapores nocivos al aplicarles altas temperaturas.<sup>843</sup>

Son adhesivos muy importantes en el mundo de la madera.

En los cuadros de adhesivos podemos observar cuáles son los más importantes. De ellos, quizás los que acaparan más la atención por su uso generalizado y buenas propiedades, sean los adhesivos base EVA (cop. etileno acetato de vinilo). Se produce por copolimerización del etileno y del acetato de vinilo.

Presentación: De aspecto variado según forma de aplicación. Si la aplicación va a ser manual, utilizaremos unos bastoncillos cilíndricos que se cargan en una pequeña pistola eléctrica que fundirá el bastoncillo según lo necesitemos. Si va a ser automatizada, la presentación habitual es un granulado que se va fundiendo dentro de la maquinaria y que es aplicado en forma de “cordón” (ya fundido) encima de los sustratos.

También pueden aplicarse con rodillos<sup>844</sup> que depositan finas películas de adhesivo (entre 20 y 40 micras de espesor), por ejemplo con el dispositivo rascador-aplicador Purmelt de la firma Friz Maschinenbau GmbH, perteneciente al grupo alemán Homag.<sup>845</sup> En el caso de encoladoras a base de rodillos «(...) Antes de la aplicación de la cola se calienta la superficie del tablero con emisores de infrarrojos, con lo que se consigue que el secado de

---

<sup>843</sup> “Los adhesivos de la madera y el medio ambiente”, *Aitim*, nº 173, Ene-Feb, Aitim, Madrid, 1995, pág. 4.

<sup>844</sup> Al igual que las colas termofusibles PUR y las poliolefinas.

<sup>845</sup> Carlos Baso, “Friz guarda las formas. Especialistas en revestimiento de superficies”, *Aitim*, nº 207, Sept-oct, 2000, Aitim, Madrid, pág. 60.

la cola tenga lugar de dentro a afuera y no se produzca el efecto “piel de naranja” en la superficie.»<sup>846</sup>

El adhesivo se asienta en pocos segundos (entre 1 y 4), por eso son empleados para encolar cantos y cuando se requiere una unión puntual rápida.

Se presenta en láminas para trabajos de chapeado, activándose con una plancha.

Muy útil en el encolado automático. Unen bien materiales celulósicos, pero en casos como los tableros de fibras duros, si vamos a encolar por el lado que presenta la rugosidad se debe lijar hasta conseguir una superficie lisa. En caso de no querer lijar puede encolarse con adhesivos de relleno tipo epoxi.<sup>847</sup>

Son adhesivos de bajo coste pero de poca resistencia.

Otros grupos muy importantes son las poliamidas y los adhesivos de polietileno.

- Las poliamidas (PA): Nos referimos a las poliamidas sintéticas ya que existen en la naturaleza otras poliamidas naturales que se emplean como adhesivos: la caseína, la soja, etc.

Son productos de la reacción de ácidos carboxílicos y aminas que presentan repetido el grupo de enlace -NH-CO-.

Existen dos tipos: reactivas y no reactivas. Las primeras son sólidos que se utilizan en adhesivos termofusibles. Las segundas generalmente son líquidas y se usan en adhesivos de dos componentes.

Características:

- Son polímeros termoplásticos de aspecto cristalino. Los más importantes como adhesivos son el nylon y las versamidas.

---

<sup>846</sup> Idem, pág. 60.

<sup>847</sup> Según norma UNE-EN 319:1994. *Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero.*

- Algunos nilones no son solubles en disolventes orgánicos, con lo cual no pueden utilizarse como adhesivos.
- Tienen una densidad de 1,10.
- Es una resina rígida.
- Resistente a los aceites, disolventes, ácidos diluidos y bases tanto diluidas como concentradas.
- Es una resina translúcida con posibilidades de coloración.
- Pueden emplearse como adhesivos hot-melt sobre madera.<sup>848</sup>

Productos comerciales:

- Poliamida textil (Productos de Conservación, S.A.). Es un adhesivo de fusión por calor (funde a 80° C) para textiles y cuero.
- Calaton-CB, nylon soluble (Productos de Conservación, S.A.) Soluble en alcohol y agua. Restauración de papeles, mapas, tintas, telas, pergaminos, etc.

- Adhesivos de polietileno (PE):

Características:

- Densidad: 0,90.
- Resina flexible.
- Temperatura máxima de utilización: de 90 a 110° C.
- Resistente al agua, al vapor de agua y a ácidos y bases tanto diluidos como concentrados.
- Resina translúcida con posibilidades de coloración.

- Colas termofusibles PUR.

Son adhesivos hot melt cada vez más usados en encolados de cantos, encolado de revestimientos, etc.

---

<sup>848</sup> Dependiendo de los tipos de nylon su presentación, además de los adhesivos, puede ser: polvo para moldeo, barra, varilla, cerda, hilo, monofilamento, lámina, etc. Las versamidas también pueden ser líquidas o sólidas.

### 5.6.1.3 Adhesivos que curan sin reacción química y en los que el disolvente se evapora durante la unión.

Se trata de un grupo numerosísimo, en el que se encuentran muchos de los adhesivos más importantes, tales como emulsiones poliméricas (disolventes acuosos), adhesivos de origen animal y vegetal y disoluciones poliméricas en disolventes orgánicos.

- **Disoluciones poliméricas en disolventes orgánicos.**

Dentro de estos últimos tenemos una serie de adhesivos como disoluciones de PVA en disolventes orgánicos y las nitrocelulosas en las que el curado se produce cuando ese disolvente orgánico se evapora, quedando la sustancia adhesiva impregnando las superficies de los sustratos, produciéndose el pegado.

Otro sistema adhesivo que pertenece a ese grupo de polímeros disueltos en disolventes orgánicos es el formado por una mezcla de Primal y Tolueno.<sup>849</sup> Muy usado en restauración, consiste en aplicar el adhesivo resultante de adicionar cerca de un 20% de disolvente (tolueno) a una emulsión acrílica como el Primal. Se deben mezclar muy bien ambos elementos hasta que el tolueno espese el sistema. Una vez espesado podemos aplicarlo, dejar que se seque completamente y, posteriormente, reactivar toda la superficie aplicando encima un poco de disolvente (tolueno) con una paletina y efectuar la unión presionando el conjunto.

Otras posibilidades de este adhesivo serían:

ADHESIVO	APLICACIÓN	PROCESO DE UNIÓN
Primal	Aplicar a una o a las dos superficies el adhesivo fluido. Unir inmediatamente los sustratos y aplicar presión.	Evaporación del disolvente (agua)
Primal	Aplicar a una o a las dos superficies el adhesivo fluido en capa generosa o doble aplicación. Dejar secar el adhesivo. Unir los sustratos. Reactivar con calor. Aplicar presión.	Reactivando con calor
Primal/tolueno	Aplicar capa generosa a una de las superficies. Dejar evaporar el disolvente y reactivar con tolueno. Unir los sustratos y aplicar presión.	Evaporación del disolvente (tolueno).
Primal/tolueno	Aplicar capa generosa a una de las superficies. Dejar evaporar el disolvente y reactivar con calor.	Reactivando con calor.

<sup>849</sup> Vid. Margarita San Andrés Moya, op. cit., pág. 23.

En este grupo existe un adhesivo especialmente diseñado para uniones de madera: es el Primal AC-34 o AC 235 K.

Los adhesivos de PVA se emplean también en los empalmes dentados de la madera laminada, pero siempre que se trate de usos interiores.

Poliestireno (PS):

Presentación: en disolución o en dispersión acuosa.

Características:

- Densidad: 1,05.
- Resina de naturaleza rígida.
- Temperatura máxima de utilización: de 90 a 110° C.
- Resistente al agua, al vapor de agua, ácidos diluidos y bases diluidas y concentradas.
- Transparente y con posibilidades de coloración.
- Buen adhesivo para madera por la porosidad de su superficie.

- **Almidón y dextrina.**

Estas colas se conocen en el mercado, de manera genérica, con el nombre de colas vegetales.

El almidón se obtiene principalmente del arroz, maíz, patata, trigo, raíces de la yuca o mandioca, de donde procede también la tapioca comercial<sup>850</sup>, etc. es un polisacárido con aspecto granular blanco.

No se utiliza en el encolado de madera por tener poca resistencia a la tracción, es susceptible de generar mohos por la humedad si no se utilizan fungicidas.

Su uso habitual fue como engrudo para papeles, cartones, etc. y en restauración, sobre todo por restauradores japoneses.

---

<sup>850</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959.pág. 170.

Su tiempo de ensamble es muy reducido, unos 15 minutos, porque el tiempo de fraguado es muy corto. Las presiones de juntado oscilan de 5,25 a 7 Kg/cm<sup>2</sup>.

No es soluble en agua fría, pero cuando se calienta el agua (82,2° C) se forma una disolución coloidal, espesándose y formándose el engrudo.

La dextrina es un derivado del almidón de trigo, que se obtiene al hidrolizar éste por medio de temperatura o ácidos.

En el mercado la hay blanca y amarilla. La primera es la más adecuada para usos artísticos, mientras que la amarilla tiene usos industriales, para aprestos de papeles, adulterante de colores artísticos, etc.

Son más solubles en agua que el almidón y tienen mayor adhesividad.

- **Derivados de la celulosa. (Éteres de celulosa).**

Nos referimos a los derivados de la celulosa que son solubles en agua.<sup>851</sup>

Son de naturaleza menos higroscópica que los de almidón y dextrina y menos flexibles también.

Los más usados son:

- Hidroxietil-celulosa.
- Hidroxipropil-celulosa.
- Carboximetilcelulosa.
- Metilcelulosa.

Productos comerciales:

- Benkola.
- Rayt.
- Cola DECOR.

---

<sup>851</sup> La nitrocelulosa es otro derivado de la celulosa, no soluble en agua y también con poder adhesivo.

Utilizadas como espesantes de pinturas acrílicas, como retardador de secado, por su higroscopicidad, como espesante de adhesivos de base acuosa y como base de adhesivos solubles en agua para papel.

Su curado se produce por evaporación del disolvente.

Permanecen solubles en agua una vez secas, pero no se pudren ni generan moho como las colas animales.

- **Colas animales. (Colas proteicas).**

El gato de la carpintería vigila y defiende el cacharro de la cola.

(Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*)

En la clasificación vemos dos grupos principales de adhesivos, unos obtenidos de mamíferos y otros de peces de esqueleto óseo (osteocitos).<sup>852</sup> De éstos últimos apenas vamos a hablar porque dado el escaso poder adhesivo que poseen, casi no han sido utilizados como adhesivos para la madera.

Las colas de mamíferos<sup>853</sup> (de piel, de huesos, etc.) han sido, junto con la caseína los únicos adhesivos usados en uniones de sustratos de madera, hasta la llegada de los adhesivos sintéticos, y son las más antiguas utilizadas en la industria de la madera.<sup>854</sup>

De las aves se aprovecha la clara de los huevos, pero su poder adhesivo es mínimo. Se usó como aglutinante de pigmentos y para el dorado.

#### Colas obtenidas de mamíferos.

Las colas y gelatina son productos muy complejos que están formados por dos tipos de proteínas principales:

---

<sup>852</sup> El bacalao, por ejemplo.

<sup>853</sup> También se las conoce como colas de glutina.

<sup>854</sup> Como ejemplo de utilización de estas colas tenemos la guitarra española, que desde su aparición en el siglo XVI hasta hoy en día, sigue utilizando como adhesivo de todas sus piezas, exclusivamente las colas animales.



- La glutina<sup>855</sup>: responsable del aspecto gelatinoso.
- La condrina: responsable de las propiedades adhesivas.<sup>856</sup>

Hay varias posibilidades de obtención según que parte del animal se utilice: colas obtenidas de pieles, huesos, tendones, cartílagos, etc.; colas obtenidas de la sangre y colas obtenidas de la leche.

#### Cola de piel o cola de cueros:

De las colas animales, son las más antiguas.

Son las que tienen más fuerza adhesiva (dentro de las colas de glutina), y mayor poder de hinchamiento. Son colas más fuertes que las de huesos.

Las primeras son adhesivos que se aplican en caliente,<sup>857</sup> que gelifican rápidamente cuando la temperatura baja unos pocos grados.<sup>858</sup> El curado se realiza por pérdida del disolvente al enfriarse la cola. La cola no pierde sus características iniciales al secarse. El sistema es reversible volviendo a aplicar agua (caliente) o calor,<sup>859</sup> por ejemplo calentándola de nuevo con vapor hasta que el adhesivo vuelve a ser plástico (esto ocurre a los 55° C, aproximadamente), pero a los 60° C es cuando se vuelve líquida y es cuando podemos separar las piezas encoladas.

---

<sup>855</sup> De esta proteína reciben (de manera genérica) el nombre las colas de origen animal: colas de glutina. Aunque bien visto deberían denominarse colas de condrina, ya que es esta proteína la que da la fuerza adhesiva y no la glutina.

<sup>856</sup> Ralph Mayer, op. cit., pág. 428.

<sup>857</sup> Normalmente así es, pero existen productos como el “Adhesivo Comet” que es una cola animal preparada para ser utilizada en frío o el “Pegamento Croid” de aplicación inmediata. Podemos obtener una receta para fabricar cola en polvo soluble en agua fría en Hiscox-Hopkins, op. cit., pág. 482.

<sup>858</sup> Salvo que queramos que la cola permanezca líquida y para ello podemos adicionarle algunos productos: “Si a una solución caliente de cola se añade un álcali (lejía de sosa) o un ácido (ácido clorhídrico o nítrico) se conserva líquida después de enfriarse, pero estas adiciones disminuyen mucho su fuerza adhesiva. La cola mezclada con álcalis atrae la humedad, por consiguiente se seca mal y destruye los colores sensibles a los álcalis; la mezclada con ácidos destruye los colores sensibles a los ácidos. (HILD, K.W., op. cit., pág. 182). En algunas recetas para la fabricación de la tinta china con gelatina, se aconseja añadir glicerina para mantener la cola líquida, y no pueda coagularse en los pinceles. Se juega con la gran avidez que la glicerina tiene por el agua.

<sup>859</sup> Hay que tener cuidado con esto, pues aplicar temperaturas muy elevadas es peligroso pues podría originar un proceso de desintegración de la cola.

La aplicación principal de estos adhesivos fue el encolado de piezas de madera<sup>860</sup>, telas, la preparación de aparejos, como aglutinante de pigmentos en los temples a la cola y en la restauración de obras de arte por su reversibilidad.

Con estos adhesivos naturales ocurre lo mismo que con los sintéticos, en cuestiones de penetración, estado de las superficies y grosor de la película. Todo lo ya comentado es aplicable en este caso:

En contra de la creencia de que se obtendrán uniones mejores, cuanto más rugosa sea la superficie a unir, y mayor la penetración de la cola, la realidad es que son peores cuando las encoladuras se hacen empleando disoluciones muy diluidas, espesores grandes, o se aplican presiones y temperaturas excesivas. Ello se debe a que aunque la penetración sea mayor, existe un riesgo, casi seguro, de que se produzcan discontinuidades en la película de cola por las diferentes condiciones de enfriamiento y secado.<sup>861</sup>

No vamos a comentar los procesos de fabricación de la cola porque, aunque sea a grandes rasgos, es por todos conocido.

Es aconsejable la utilización de la cola fresca, o recién preparada, pues sino, pierde fuerza adhesiva al ser fundida repetidas veces. Y no conviene mezclar colas de distintas clases o de distintas procedencias.

Debemos tener cuidado con la grasa<sup>862</sup> ya que pueden existir pequeñas cantidades en las colas ordinarias. Parece ser que facilita la proliferación de bacterias que acaban pudriendo la cola.<sup>863</sup>

Es un adhesivo bastante estable pero tiene un mortal enemigo que es la humedad, que puede originar pérdidas de solubilidad a la vez que abona el campo para el crecimiento de bacterias y hongos.

La temperatura de fabricación y aplicación de la cola no debe exceder los 60° C, manteniendo la cola o gelatina siempre al baño M<sup>a</sup>. Temperaturas superiores contribuyen a una formación defectuosa de la capa adhesiva:

---

<sup>860</sup> Las colas animales son las únicas que pueden emplearse en el chapeado a martillo tradicional.

<sup>861</sup> José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 199.

<sup>862</sup> Sobre todo si la utilizamos como capa previa a la aplicación de un aparejo de gesso sintético sobre una tela sobre un bastidor (de pintor o articulado) para evitar que se destense.

<sup>863</sup> “Para evitar ataques bacterianos, deben mantenerse las soluciones de cola a temperaturas de 50 a 55° C, o bien adicionar productos antisépticos (fenoles o cresoles clorados) en concentraciones pequeñas”( José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 199.)

Si la temperatura sube por encima de 85° C, disminuye la viscosidad de la solución, los tiempos de fraguado aumentan y disminuyen la flexibilidad y la resistencia de la película de cola seca, como consecuencia de un proceso de hidrólisis de sus macromoléculas.<sup>864</sup>

Temperatura de fraguado: temperatura ambiente.

Tanto las colas como las gelatinas suelen contener alrededor de un 15% de agua, algo de grasa y un pequeño porcentaje de sales inorgánicas (1-4%).<sup>865</sup>

Ventajas e inconvenientes de estas colas frente a las colas naturales (aplicables en frío) y frente a las colas sintéticas:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Es muy barata.	Se aplica en caliente, esto trae consigo más pérdida de tiempo, resultando más cara al ser mayor el gasto de energía.
Cualidad neutra pues no tiñe la madera rica en ácido tánico.	No resiste la humedad.
Reversible con calor.	Se funde con el calor.
Fácil de preparar.	Puede generar mohos.
Es casi inodora.	El frío la endurece (gelifica) rápidamente, por eso hay que trabajar rápido a la hora de encolar, entelar o aplicar aparejos, siendo aconsejable, en invierno, calentar previamente las superficies a encolar.
Sin hidratar puede conservarse indefinidamente.	Las distintas presentaciones comerciales obliga a variar los tiempos de hidratación de las colas.
Su presentación comercial es muy variada y ello establece diferentes tiempos de hidratación.	

Preparación de las colas usadas en carpintería:<sup>866</sup>

Preparaciones	Cola	Agua (litros)	Temperatura de preparación (° C)
1ª	1 Kg. de cola	1 ½	60
2ª	1 Kg. de cola	2 a 3 veces el peso de la cola	60

Utilizadas en carpintería requerían de una a dos horas de prensado.

<sup>864</sup> Idem, pág. 199.

<sup>865</sup> Margarita San Andrés Moya, op. cit, pág. 30.

<sup>866</sup> Va a depender de lo fuerte que se quiera.

Es decir, una concentración casi siete veces superior a la utilizada, por ejemplo, para entelar una tabla en verano o en días calurosos (100 gr./litro).

Reconocer cuando la cola está en su punto es una cuestión de observación y experiencia, pero puede servirnos como guía el siguiente comentario de Ignacio Abella: «Se conoce el punto cuando cae del pincel mojado en un hilo que se interrumpe a los cuatro o cinco centímetros.»<sup>867</sup>

Presentación comercial:

- En hojas, tabletas, pastillas, placas o planchas.
- En copos, escamas.
- En perlas (cola perlada), pepitas, granulada.
- En polvo.
- Líquida.
- Antiguamente: en recortes, dados o cubos, en torta, molida y mezclada con cargas.

Conviene preparar la cola que se vaya a usar y no guardarla, pues en poco tiempo acaba pudriéndose si no se le incorporan fungicidas, pero de esta manera va perdiendo poco a poco capacidad adhesiva.

Como conservantes, se ha utilizado de todo: fenol (ácido fénico), ácido salicílico, sosa cáustica, sal común, esencia de espliego, etc.

Cola de huesos:

Es una cola muy fuerte, aunque es menos resistente que la de piel, de ahí el que también se le denomine cola fuerte<sup>868</sup>. Se suele obtener de huesos de ganado vacuno y cabritilla (no se debe confundir con la cola de guantes), y también suele recibir el nombre de cola de pencas. Se suele preparar más a menudo en forma de “colleta italiana” que resulta más flexible.

Suelen ser más ácidas que las de pieles. También suelen tener un color más oscuro.

---

<sup>867</sup> Ignacio Abella, Ignacio Abella, op. cit, pág. 148.

<sup>868</sup> “(...) Da una cola fuerte [la de huesos] muy homogénea y de tenacidad superior a la cola ordinaria” (Idem., pág. 148).

Es la cola usada en carpintería aunque también se usaba con la de pieles, de patas de cordero, de patas de buey, etc.

Se usa preferentemente para ensambladuras aunque no para chapar, porque tiene muy poca viscosidad.<sup>869</sup>

Su fortaleza va a depender de la calidad de las materias primas con las que está hecha y de su preparación: hay que prepararla muy espesa. Antiguamente se prefería utilizar animales silvestres porque se decía que daban mejor calidad. Actualmente eso no es posible y todas las materias primas provienen de granjas y mataderos.

Puede aplicarse sobre cualquier tipo de madera: dura, blanda, seca o húmeda. Tiene como usos principales la carpintería de taller y la ebanistería. Su fraguado es más lento que el de la cola de piel. Tensión admisible: 5 Kg/cm<sup>2</sup>.<sup>870</sup> Suele ser la cola más barata.

Concentraciones<sup>871</sup> adecuadas según Spannagel:<sup>872</sup>

Usos		Cola de piel (%)	Cola de huesos (%)	Cargas <sup>873</sup> (%)
Encolados	Encolado de maderas blandas	25	35	
	Encolado de maderas duras	35	40	
	Encolado de maderas de testa	40	50	
Chapeados	Chapeados sin carga	40	50-60	
	Chapeados con carga	30	45	30

Como vemos, a veces, se incluían cargas (como ocurre en la fabricación de pinturas) para modificar propiedades: espesar la cola destinada a chapeados (para que no atravesen la chapa y manchen, por capilaridad, la superficie). Otra finalidad era aumentar la resistencia a los agentes atmosféricos, aumentar la velocidad de curado, etc.

Cargas comunes: Creta, cal molida, harina de madera de abeto, harina de centeno, etc.

<sup>869</sup> “(...) No puede aplicarse a temperatura superior a 45° C, so pena de que fluya mucha cola por las juntas” (Fritz Spannagel, op. cit., pág. 71).

<sup>870</sup> Cassinello, op. cit., pág. 369.

<sup>871</sup> Porcentajes referidos a la cola preparada y lista para su aplicación.

<sup>872</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 69.

<sup>873</sup> En inglés se utiliza el término filler.

TIPOS DE COLAS DE ORIGEN ANIMAL			
	Material utilizado	Denominación	
COLAS DE GLUTINA	Pieles y desperdicios frescos de piel y cuero.	Cola de PIEL. Cola de CUERO Cola de COLONIA.	
	Pieles de vacuno y cerdo (a veces).	GELATINA de pieles.	
	Sólo huesos desengrasados.	Cola de HUESOS. Cola FUERTE.	Cola de PENCAS. Cola de FLANDES. <sup>874</sup>
	Huesos de vacuno.	GELATINA de huesos.	
	Piel y huesos (desperdicios de animales pequeños).	Cola de CARPINTERO (en general)	+ 1% de ac. Oxálico y óxido de zinc o Blanco de España. <sup>875</sup> COLA BLANCA
			+ Cenizas tamizadas COLA DE CENIZAS <sup>876</sup>
	Raeduras, raspaduras o retales de pergaminos o vitelas de vaca, ternera, oveja, corderos o cabrito.	Cola de PERGAMINO <sup>877</sup> . Cola de RAEDURAS. Cola de RETALES.	
	Pieles y residuos de animales pequeños. (Ahora se utilizan pieles de vacuno y, a veces, cerdo).	Cola de CONEJO. Cola de GATO.	
	Recortes de cuero. También de curtidos al cromo.	Cola de CUERO. <sup>878</sup>	
	Pieles y huesos de ternera y animales jóvenes. O también colas corrientes purificadas.	Cola GRENETINA. <sup>879</sup>	
	Retales de guantes de cabritilla.	Cola de CABRITILLA. Cola de GUANTES. Cola de RETAZOS.	Cola de TEJADAS. Cola de TAJADAS. Cola de RETAL.
	Cola de guantes + ajos.	AJICOLA. JÍSCOLA.	
OTRAS COLAS	Cabezas, aletas, espinas, desperdicios de pescados.	Cola de PESCADO.	
	Desperdicios de pescados, cabezas, aletas, espinas, purificadas.	Gelatina de PESCADO.	
	Vejiga natatoria del esturión <sup>880</sup> .	ICTIOCOLA. COLAPEZ.	Cola de ESTURIÓN. Cola de VEJIGAS.
	Espinass, pieles, aletas de cazón <sup>881</sup> sollo, <sup>882</sup> esturión del Mar Caspio y del Mar Negro.	Cola de SOLLO.	
	Leche.	Colas de CASEÍNA.	
	Albúmina de la sangre de mamíferos.	Colas de SANGRE. Colas de albúmina	

<sup>874</sup> A veces hay bastante confusión en la denominación de las colas por parte de los distintos tratadistas. Según esto la cola de Flandes se ha hecho con retales de pieles de cordero, oveja, etc., también con pezuñas y orejas de caballos, terneras y bueyes.

<sup>875</sup> Antiguamente se vendía en forma de copos opacos blancos (Ralph Mayer, op. cit., pág. 360).

<sup>876</sup> Para más información vid. Hiscox-Hopkins, op. cit., pág. 482.

<sup>877</sup> Para información sobre su preparación vid. Ralph Mayer, op. cit., pág. 361.

<sup>878</sup> También es corriente ubicar esta cola junto con la de piel

<sup>879</sup> Aparece reflejada, entre otros, en Ignacio Abella, op. cit., pág. 148.

<sup>880</sup> “Los grados superlativos de la cola de pescado [ictiocola] se obtienen lavando, desecando e hirviendo las capas internas de la vejiga natatoria de los peces” (Ralph Mayer, op. cit., pág. 360).

<sup>881</sup> Pez cartilaginoso parecido al marrajo (tiburón). No tiene vejiga natatoria.

<sup>882</sup> Esturión. Esturión del Guadalquivir en otro tiempo numeroso en ese río. Si se desea información al respecto, véase el interesante artículo sobre el sollo del Guadalquivir en: “Notas sobre el sollo o esturión del Guadalquivir”, *Montes*, año III, Mayo-Junio, n° 15, 1947, Montes, Madrid, págs. 256 y ss.

Propiedades		Cola de buena calidad	Cola de mala calidad
Color		Castaño claro sin partes oscuras o mate.	Clara y rojiza.
Transparencia		Semitransparente.	Más opaca.
Higroscopicidad en frío		No, pues evita que se ablande y aparezca moho.	Algo.
Fractura		Rompe con dificultad. Bordes irregulares.	Rompe fácilmente. Fractura igual.
Cola en remojo	Absorción de agua	Mucha (de 2 a 5 veces su peso).	Menos (menos de 2 veces su peso).
	Disolución	No posible.	Posible.
Elasticidad en frío		No elástica. Friable <sup>883</sup> .	Elástica.
Grumos en estado fundido		No posible.	Posible
Coagulación (tiempo)		Se conserva algún tiempo no estando muy diluida.	Se hace líquida rápidamente.
Conservación sin conservantes		Puede aguantar algún tiempo en forma de jalea.	Se pudre rápidamente.

Animales y partes utilizadas en la fabricación de las colas y gelatinas						
Huesos	Pieles o cueros	Patas	Pezuñas	Orejas	Tendones	Rabos
Vaca Ternera	Asno Gato Vaca Ternera Cerdo Conejo Cordero Oveja Cabra	Buey Cordero	Caballo Ternera Buey	Caballo Buey Ternera Cordero	Buey Cordero	Vaca Ternera Buey

### Gelatinas.

La gelatina es conocida desde los egipcios, y fue muy consumida en los banquetes medievales. Varias fechas son importantes en el transcurrir histórico de las colas y gelatinas: en 1682 el francés Papin descubre un proceso de cocción con el que se obtiene gelatina a partir de huesos frescos.

<sup>883</sup> Que se desmenuza fácilmente.

Ocho años después se acuña el término gelatina<sup>884</sup> y en 1754 aparece la primera patente inglesa que describe la producción de gelatina.<sup>885</sup>

Suele obtenerse de los huesos, de la primera extracción (aunque aquí, en España, se obtenga de pieles de mataderos y fabricantes de curtidos), de la que se obtiene el producto más puro y, por lo tanto, más caro.<sup>886</sup> De la segunda extracción obtendríamos osteocola o cola de huesos o cola de pieles, dependiendo del producto de partida.

Químicamente la gelatina está compuesta por:

- 84 - 90% de proteínas.
- 1 – 2% de sales minerales.
- El resto es agua.

Con respecto a la cola, presenta unas diferencias que parten de su composición: la gelatina tiene muy poco poder adhesivo porque en su composición hay mas glutina que condrina (que, como dijimos, es la proteína responsable de la fuerza adhesiva). Comentamos esto porque podría parecer un contrasentido que la flor de la cola o primera extracción (es decir, la más pura) tenga un menor poder adhesivo.<sup>887</sup>

No suele contener grasa ni conservantes ni aditivos de ningún tipo.

La destinada al consumo humano es la que tiene mejor calidad de materia prima y proceden de esa primera extracción.

Dado su escaso poder adhesivo su utilización ha estado restringida a encolados que no requieran grandes resistencias mecánicas. En la industria a las gelatinas, a la caseína (adhesivos muy rígidos) y a algunas colas para corcho suelen incorporarles agentes plastificantes como las “ceras sintéticas” PEG o Carbowax™ (polietilenglicoles, etc.)

---

<sup>884</sup> Término derivado del latín “gelatus”, rígido, helado.

<sup>885</sup> Para información detallada vid. literatura técnica de CEFIC, “Todo sobre la gelatina,” de 1990.

<sup>886</sup> Para más información vid. “La biosfera I: el animal como fuente de materias primas,” de José M<sup>a</sup> Brusi, pág. 450-451, en *Elementos de ingeniería química*, Angel Vian Ortuño et. al., Editorial Aguilar, 1962.

<sup>887</sup> Para más información vid. Ralph Mayer, op. cit., pág. 428.



### Cola de pescado.

Se prepara con despojos de pescados, como la piel, aletas, espinas, etc. El bacalao es uno de los principales proveedores de materia prima.

El proceso de extracción es similar al usado para las colas y las gelatinas.

Suele venderse en forma líquida.

Características generales:

- pH: 6,5 – 7,2.
- Su fuerza de unión sobre madera es de 175 kg/cm<sup>2</sup>.
- Compatible con otras solubles en agua: «(...) Compatible con colas animales, algunas dextrinas, algunas emulsiones de acetato de polivinilo y con látex de caucho.»<sup>888</sup>
- Son poco recomendables, pues son demasiado higroscópicas y con poco poder adhesivo.

### Ictiocola.

Se obtiene de la vejiga natatoria de peces como el esturión:

La piel interior de la vejiga natatoria de diferentes especies de peces (esturión) contiene una sustancia gelatinosa, que se emplea para diferentes usos y en el dorado. Otra clase de cola, que se llama de pescado y que no debe confundirse con la ictiocola, se prepara por cocción de la piel, escamas, vejiga natatoria y cartílagos de especies comunes de peces cartilaginosos”.<sup>889</sup>

Según Doerner a Van Dyck no le fueron demasiado bien sus experiencias con esta cola.<sup>890</sup>

### Caseína. (Cola en frío o cola fría).

Es una cola fría muy fuerte que acaba haciéndose insoluble en agua.<sup>891</sup>  
Es soluble en álcalis diluidos y ácidos concentrados.

---

<sup>888</sup> Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 263.

<sup>889</sup> K. W. Hild, op. cit., pág. 183.

<sup>890</sup> Vid. Max Doerner, op. cit., pág. 155.

La caseína se extrae de la leche al incorporar ácidos que bajan el pH habitual de la misma (6,5) hasta 4,5 que es el punto donde precipita (se corta). de esta manera la caseína queda en el fondo y por encima de ella el suero.

Según el acidulante empleado (cuajo, ácido clorhídrico, sulfúrico, láctico, etc.) recibe distintas denominaciones, siendo sus usos también diferentes.

	Británicos	Norteamericanos
Proteína dispersa en la leche	Caseinógeno	Caseína
Producto coagulado	Caseína	Paracaseína

Los adhesivos de caseína como los conocemos hoy, aparecieron a escala comercial durante la Iª Guerra Mundial.

Para encolar madera se prefiere la caseína del ácido láctico.

Características (referidas a 20° C):<sup>892</sup>

- Utilizada para encolado de madera siempre y cuando la humedad no exceda del 18% y nunca con temperaturas superiores a 66° C.
- Densidad: 1,35.
- Resina sin flexibilidad.
- Presentación: en polvos blanco-amarillentos que se mezclan con agua y que posteriormente se solubiliza por medio de un álcali (carbonato amónico, bórax, amoníaco, cal, etc.)
- Tiempos importantes referidos al adhesivo y adhesión:
  - Almacenamiento: casi todos los manuales indican un tiempo máximo de seis meses antes de que pierda adhesividad, pero conservada a 20° C puede aguantar un año.

<sup>891</sup> Tenemos referencias ya desde el monje Theophilus, Cennino Cennini y otros recetarios medievales. Vid. por ejemplo Cennino Cennini, op. cit., pág., 151.

<sup>892</sup> Para información más detallada vid. Andrés Merino (director), op. cit., pág. 38. Toda esta información va referida a la caseína empleada en la fabricación de la madera laminada. A nosotros nos sirve perfectamente porque nunca le vamos a exigir a nuestros soportes unas resistencias tan altas. Por lo tanto toda esa información es utilizable a la hora de fabricar nuestros soportes o de entelar o empapelar los mismos.

- Tiempo de reposo una vez preparada: de 10 min. a ½ hora.
  - Pot-life:<sup>893</sup> A esa misma temperatura aguanta unas 5-7 horas.
  - Tiempos de unión de las piezas: de 30 a 45 min.
  - Tiempos de presión: de 4 a 6 horas (bastidores y elementos ordinarios), de 16 a 24 horas elementos portantes (vigas, arcos, etc.)
  - Período de estabilización: 24 a 48 horas.
- Temperatura de curado: ambiente. No debe forzarse con secado artificial pues si se seca rápidamente se puede agrietar.
  - Curado: evaporación del agua.
  - Adhesivo de aspecto traslúcido puede ser coloreado.
  - Presión ejercida sobre las piezas: en resinosas, de 3,5 a 7 Kg/cm<sup>2</sup> y en frondosas 17 Kg/cm<sup>2</sup>.
  - Dosificación: De 350 a 500 g/m<sup>2</sup> doble cara, en la madera laminada. Para usos comunes basta con 290 – 365 g/m<sup>2</sup>.
  - Al ser muy alcalina<sup>894</sup> puede manchar algunas frondosas ricas en taninos (roble, haya, arce, abedul, etc. y alguna conífera también). Por esta razón no deben usarse recipientes de cobre, aluminio o latón. En las industrias lácteas se utiliza habitualmente el acero inoxidable. También puede prepararse en recipientes de barro vidriado o de madera como se hacía tradicionalmente. Pero esta alcalinidad la hace idónea para encolar especies muy oleosas como la teca y el pino amarillo del sur.

---

<sup>893</sup> Vida de trabajo, vida útil de la mezcla. Término usado para determinar el tiempo durante el que un “adhesivo multicomponente” puede ser usado una vez han sido mezclados sus ingredientes. También se utiliza con los adhesivos termofusibles.

<sup>894</sup> Recordemos que la caseína necesita un medio alcalino para disolverse.

Recetas para madera	Preparación
<b>Receta 1</b> (Ignacio Abella)  1 Kg de caseína. 4 litros de agua. 700 g de cal viva. <sup>895</sup> 10 g de carbonato de sosa.	Se disuelve en agua la cal y el carbonato de sosa y se pasa la mezcla por un tamiz fino. Se echa la caseína y se bate todo de 15 a 30 minutos hasta que se convierta en una gelatina ligera. Si está espesa se añade agua hasta que resulte una mezcla homogénea. <sup>896</sup>
<b>Receta 2</b>  Caseína. Cal apagada. Agua.	Polvo de cola y agua a temperatura de 15 a 20° C, en una proporción entre 1:1 y 1:1,5. Se mezclan bien. Fuerza de prensado 4 Kg/cm <sup>2</sup> , durante 12 a 16 horas.

Aplicación:

- Aplicar cola a las dos superficies de los sustratos.
- Frotar una contra otra (nos referimos en todo momento a la madera y derivados) para eliminar el aire y la cola sobrante.
- Aplicar presión en la junta.

Es una cola que, por lo general, cuesta trabajo extender o aplicar y por ello hay que diluir. Son colas que «se caracterizan por llenar bien los huecos y por tanto pueden producir buenos ligamentos en las superficies bastas, hasta cuando la capa de cola es demasiado gruesa.»<sup>897</sup>

Tipo de madera		Estado higroscópico		Tensiones admisibles <sup>898</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Dura (frondosas y tropicales)	Blanda (Coníferas)	Seca	Húmeda	
				40
				10
				70
				15

<sup>895</sup> Pensamos que se trata de cal apagada o hidróxido cálcico. Es muy peligrosa la manipulación de la cal viva.

<sup>896</sup> Ignacio Abella, op. cit., pág. 149.

<sup>897</sup> Según, A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 172.

<sup>898</sup> Según F. Cassinello, op. cit., pág. 369.

Podemos comparar la concentración de caseína empleada en el encolado de maderas con la utilizada en el entelado o empapelado, observando las proporciones siguientes:

Receta para tela y papel:

- 60 g de caseína.<sup>899</sup>
- 250 cc de agua destilada.
- 15 g de carbonato amónico.<sup>900</sup>

Receta de Doerner:<sup>901</sup>

- 300 g de caseína.
- 1600g de agua.
- 60 cc de amoníaco (al 25%).
- Conservante.

Conservantes: fluoruro sódico, sosa, sales de cobre.

Cargas: Creta, harina de madera.

Usos o aplicaciones: madera laminada, estructuras, muebles, contrachapados de interior, ebanistería.

Una vez seca es bastante más insoluble en agua que las colas de glutina, pero se puede disolver incorporando amoníaco al agua, ya que no es una cola insoluble como pueda parecer. No obstante las proteínas (colas, caseína, albúminas en general) pueden endurecerse y así aumentar su resistencia al agua mediante la adición de sustancias endurecedoras o mordientes. A lo largo de la historia se han utilizado todo tipo de químicos para este fin (alumbre, bicromato potásico, taninos, etc.) pero parece ser que estos productos permanecen en la capa adhesiva o pictórica, por lo que es

---

<sup>899</sup> Entre 50 y 60 g de caseína dan buenos resultados. Max Doerner, por ejemplo, es partidario de 50 g. Vid. Max Doerner, *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. 5ª edición española de la 16ª edición alemana, editorial Reverté, S. A., Barcelona, 1991, pág. 152.

<sup>900</sup> Puede sustituirse por bórax o amoníaco. La cal no es apropiada porque deja muchos residuos alcalinos. Tengamos en cuenta que esta misma proporción (rebajada con agua, claro está) es la usada, después de aplicar el aparejo, para preparar los colores, por ello no es aconsejable el uso de la cal si vamos a aglutinar con ella los pigmentos.

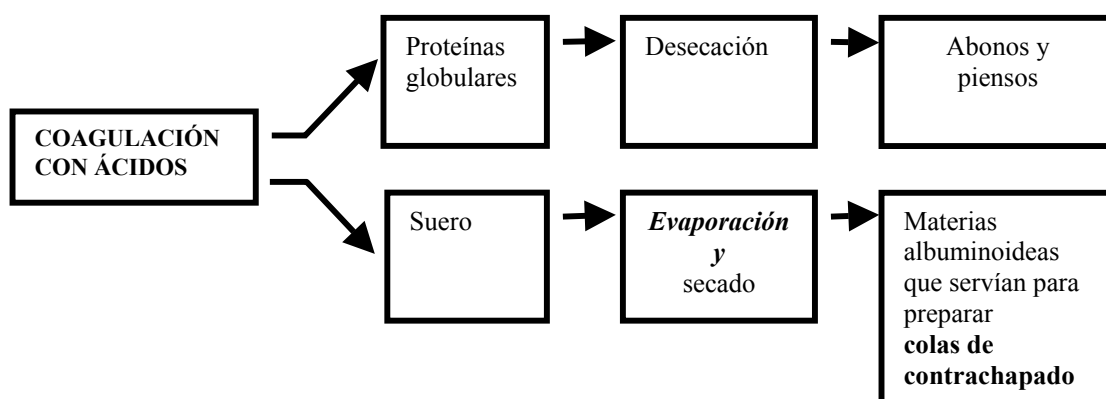
<sup>901</sup> Max Doerner, op. cit., pág. 91. Véase la forma de preparación.

más aconsejable el uso de sustancias mucho más volátiles como el formaldehído al 4% y rociarlo sobre la superficie para que volatilice mucho más rápido.<sup>902</sup>

### Colas de sangre. Colas de albúmina de sangre.

La sangre está compuesta por una serie de células (leucocitos, hematíes y plaquetas), compuestas, a su vez, principalmente por proteínas suspendidas en un fluido llamado plasma. Además contiene suero<sup>903</sup>, sales, albúmina, azúcares, etc.

La proteína se obtiene de la hemoglobina.



Estos adhesivos se desarrollaron durante la Iª Guerra Mundial.

Aplicable sobre cualquier tipo de madera: dura, blanda, seca, húmeda. Tensión admisible: 3 Kg/cm<sup>2</sup>.<sup>904</sup> Usos: ebanistería pintada.<sup>905</sup> Temperatura de fraguado: 82-121° C. Tiempo de prensado: de una a dos horas. Aconsejable el prensado en caliente.

Se usa también como adhesivo para metales. Es un sistema adhesivo de proteína-látex. Generan uniones de hasta 50 Kg/cm<sup>2</sup>, pero se pudren con facilidad.<sup>906</sup>

<sup>902</sup> Para más información vid. Ralph Mayer, op. cit., pág. 420-430.

<sup>903</sup> Es el extracto líquido que queda después de la coagulación.

<sup>904</sup> Según F. Cassinello, op. cit., pág. 369.

<sup>905</sup> “Antiguamente se usaba mucho la sangre para la imprimación sobre enlucidos toscos y sobre madera, para mezclarla con los colores a la cal y para cementos y plastes” (K. W. Hild, op. cit, pág. 183).

<sup>906</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 97.

En los años 50 eran muy populares en Europa.

Colas de albúmina: clara de huevo.

Del huevo se ha utilizado la clara como adhesivo<sup>907</sup>, aunque produce películas muy rígidas y de poco poder adhesivo que se insolubilizan con el tiempo y exposición a la luz.

No es aplicable a la madera.

Usada para la iluminación de pergaminos, tanto para aglutinar pigmentos como para adherir los panes de oro.

Colas vegetales:

Colas de almidón:

Derivan del almidón, que es un carbohidrato vegetal con aspecto granular y que corresponde a un polímero compuesto casi en exclusiva por grupos anhidroalfa-D-glucosa.<sup>908</sup>

Datan de finales del XIX, (1891 aproximadamente) cuando Higgins patentó un adhesivo de dextrina y bórax.<sup>909</sup> Pero aparecen en el mercado hacia el año 1908.<sup>910</sup>

Aplicables sobre cualquier tipo de maderas: duras, blandas, húmedas, secas.

Tensión admisible:  $2 \text{ Kg/cm}^2$ .<sup>911</sup>

Dosificación:  $365 \text{ g/m}^2$ .

Tiempo de unión: No exceder de 15 minutos.

---

<sup>907</sup> Hablamos de adhesivo en el sentido de “pegamento” y no de “aglutinante”, dado que la yema del huevo se utiliza como aglutinante de pigmentos, en emulsiones, como imprimación, etc. y no como adhesivo propiamente dicho.

<sup>908</sup> Según norma UNE-EN 923:2000.

<sup>909</sup> César Peraza Oramas, “Empleo en construcción de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 58, Julio-Agosto, 1954, Montes, Madrid, pág. 279.

<sup>910</sup> Según A. J. Panshin, et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 169.

<sup>911</sup> Según Cassinello, op. cit., pág. 369.

Temperatura de fraguado: Temperatura ambiente.

Usos: ebanistería, marquetería, empapelados. Pero como tardan mucho en fraguar, si se utilizan en ebanistería, no sirven para uniones a tope.

Características:

- Su “pot-life” es muy grande y por eso su período de reunión es también amplio.
- Por su viscosidad son difíciles de aplicar con brocha.
- Necesitan al menos 10 horas de presión.
- Son susceptibles de ser atacadas por hongos y bacterias.

Colas vegetales de semilla de soja. Colas de proteína de soja. Colas de soja. Soy Beam (Colas de haba de soja):

La cola vegetal más importante está hecha de proteína de soja.<sup>912</sup>

Se sabe de su existencia desde 1923 en los estados del Oeste de los EE.UU., pero fue en 1926 cuando se desarrollaron ampliamente al ser utilizadas en el encolado de abeto Douglas, en la construcción de contrachapados.<sup>913</sup>

Según las normas UNE<sup>914</sup> la proteína de soja se obtiene a partir de granos de soja y se utiliza como adhesivo cuando se mezcla con otros productos reactivos. Tuvo un importante uso en la industria del contrachapado.

Características:

- Son colas altamente viscosas, por lo que se aplican por medios mecánicos.

---

<sup>912</sup> La soja es una legumbre cultivada originariamente en Extremo Oriente. Es aprovechada allí en forma de alimento similar a la leche o al queso.

<sup>913</sup> César Peraza Oramas, “Empleo en construcción de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 58, Julio-Agosto, 1954, Montes, Madrid., pág. 280. También vid. A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 169.

<sup>914</sup> Norma UNE-EN 923:2000.



- Se prensan en frío o en caliente.

Se presentaban «en forma de polvo amarillento que comprende una harina de soja en mezcla con cal apagada, sosa cáustica, silicato sódico y un ingrediente impermeable al agua. »<sup>915</sup>

Fueron muy usadas también en la antigua URSS.

Dosificación: 290 – 340 g/m<sup>2</sup> para encolado de contrachapados en frío. Y de 250 g/m<sup>2</sup> si es en caliente.

Las reforzadas (Soy Beam reforzada) necesitaban una temperatura de fraguado de 82 a 121° C.

Tiempo de unión: Presión en frío: de 15 a 20 minutos. En caliente, de 5 a 15.

- **Emulsiones poliméricas.**

Son los adhesivos más conocidos y utilizados a nivel no estructural en el mundo de la madera. Son también los más populares entre el público no especialista. Sobre todo los ésteres de polivinilo (PVAC, por ejemplo.)

“La cola blanca” que todos hemos usado alguna vez es un adhesivo de estas características pero con la adición de una serie de cargas o extendedores (normalmente harinas de cereales.) Suele ser una emulsión de tipo vinílico. No debemos confundir esta “cola blanca” de carpintero con la “otra cola blanca”, también de carpintero. Antiguamente la usada era la “otra”, es decir, colas animales con la incorporación de un 1% de ácido oxálico y óxido de zinc.

Estas emulsiones suelen tener un alto contenido en sólidos (40-60%)<sup>916</sup>, y de ellos depende su viscosidad<sup>917</sup>. Otra cuestión importante es

---

<sup>915</sup> Según, A. J. Panshin, et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág.172.

<sup>916</sup> Por ejemplo el Mowilith DMC 2 (resina vinílica) tiene un contenido en sólidos aproximado del 55% (según la norma DIN 53 189). Para más información vid. literatura técnica de la ya desaparecida R.C.M., *Sustancias naturales y materias plásticas*, en su punto 2.1.1. Resinas vinílicas (acetatos de polivinilo).

que como el disolvente utilizado es el agua, se eliminan los riesgos que se corren con disolventes orgánicos. El fraguado se produce por la pérdida del disolvente.

Su densidad suele ser de 1,20.

Como su curado se produce por evaporación del disolvente<sup>918</sup>, una vez efectuada la unión se habrá producido una pérdida de volumen (el ocupado por el agua).

<b>Fraguado de colas vinílicas<sup>919</sup></b>
72,6 % En frío.
15% Por calentamiento tradicional
10,9% Por calentamiento mediante alta frecuencia.
1,4% por microondas.

Tienen limitadas sus aplicaciones a interiores, pues sabemos que no es muy grande su resistencia a la humedad relativa alta y puede haber deformaciones estructurales si temperatura y humedad son altas.<sup>920</sup> Pero se puede aumentar su resistencia a la humedad añadiéndole colas de urea-formaldehído al 10%.

Las juntas necesitan presión (2-4 Kg/cm<sup>2</sup>) hasta su secado.

Secado: de 3 a 4 horas dependiendo de la temperatura ambiental.

Dosificación: Entre 140 – 200 gr/m<sup>2</sup>.

---

<sup>917</sup> Es evidente que las cargas incorporadas no se contabilizan como sólidos de la emulsión, con el término “sólidos” nos referimos a la resina contenida en la emulsión. La densidad se ve alterada, lógicamente, por la presencia de aditamentos como esos dentro de la emulsión. Aunque son adhesivos no demasiado viscosos. Según la norma UNE-EN 827:1996 “el contenido en sólidos es la relación expresada en porcentaje, entre la masa inicial y el residuo obtenido después de la evaporación de los componentes volátiles en una cantidad dada de producto en condiciones de calentamiento que se especifican en términos de temperatura y tiempo.

<sup>918</sup> También se produce una absorción por parte del sustrato, sobre todo cuando es muy poroso como la madera.

<sup>919</sup> Del artículo: “Las colas vinílicas y las de urea-formol, las preferidas por los industriales franceses”, en *Aitima*, n° 173, ene-feb, 1995, Aitima, Madrid, pág. 44.

<sup>920</sup> “La línea de encolado, que es fuerte y semiflexible, puede llegar a ceder, aunque por lo general sólo cuando se la somete a tensiones durante un tiempo prolongado. La cola blanca ordinaria no es impermeable” (Albert Jackson, op. cit., pág. 302).

#### Marcas comerciales:

- Borden, Evostik, Croidpolistick.
- Rayt. Adhesivo acrílico.
- Europanol (Panlker).
- Lefkoll (LE & FA).
- P.V.A.: Rakoll, Movicol.

#### Colas de P.V.A.

- Dispersión acuosa diseñada para su aplicación sobre sustratos porosos.
- Son los adhesivos más usados en Francia.
- Suelen usarse endurecedores cuando se usen para exteriores, pero siempre protegiendo las líneas de cola por su menor resistencia a la humedad. En interiores no es necesario.
- Inodoras, incoloras e insípidas.
- Flexibles.
- Su IR. es de 1,466 y algo muy importante es que su absorción de agua es del orden del 2%.
- Tienen buena estabilidad.
- Son menos densas que las colas animales y menos que la caseína.
- No son peligrosas para el medio ambiente, con la salvedad de que «se emplee una sal de cromo como catalizador, o un poliisocromato de endurecedor»<sup>921</sup>
- A parte de la resina y el agua, al adhesivo se le incorporan otros aditamentos como los coloides protectores, disolución tampón, modificadores, espesantes, plastificantes, fungicidas, iniciador, etc.<sup>922</sup>

#### Poliacrilatos:

- Básicamente los mismos componentes que los polivinílicos, pero estos son más elásticos y menos sensibles a los ultravioleta. Son más humectantes que los vinílicos.

#### Los polimetacrilatos:

---

<sup>921</sup> “Los adhesivos de la madera y el medio ambiente”, *Aitim*, n° 173, Enero-Febrero, 1995, Aitim, Madrid, pág. 44.

<sup>922</sup> Ampliar información en Margarita San Andrés, op. cit., págs. 46 a 49.

- Son todavía más humectantes que los poliacrilatos.

Alcohol polivinílico:

- Es un buen adhesivo de sustratos porosos.

Dada la peligrosidad de los disolventes, éstos están empezando a prohibirse en muchos países porque dañan la capa de ozono.

Son adhesivos que consisten en la cola base a la que por pulverización se le añade el catalizador.

- **Adhesivos inorgánicos.**

Fundamentalmente se trata de silicatos solubles, cementos y yesos. Estos dos últimos no nos interesan por el tipo de adhesivos que son y para qué se utilizan.

Los silicatos solubles (en agua, se entiende) son adhesivos de aspecto vítreo.

El silicato sódico (vidrio soluble) es el que tiene mejores propiedades, no siendo excesivamente caro<sup>923</sup>.

Usos: fabricación de productos de cartón: cartón corrugado, tubos, cajas, lijas, pintura mural, etc. Se usó en tableros y piezas de madera de corta vida ya que su resistencia al agua es nula.

Dada su naturaleza, es inatacable por hongos, bacterias, insectos xilófagos, etc.

Antiguamente se empleaba para encolar madera y metal (plomo a contrachapado), en instalaciones de rayos X. Estas uniones con madera son frágiles debido a la gran dureza del adhesivo y, por lo tanto, con poca estabilidad.

Los silicatos son conocidos ya en tiempos de Plinio pero su empleo como adhesivo se lleva a cabo en 1825 por Van Fuchs.

---

<sup>923</sup> Para información sobre su fabricación vid. José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. cit., págs. 201-202.

Comercialmente comienza su empleo hacia 1900.

### 5.6.2 Adhesivos que curan por reacción química.

Este curado se puede realizar de tres maneras posibles:

#### 5.6.2.1 Curado por polimerización.

La polimerización puede realizarse de muchas maneras (en suspensión, en disolución, en emulsión, etc.)

Encontramos dos grupos principales que se basan en el número de componentes que intervienen en la unión: adhesivos de dos componentes y de un solo componente.

- Adhesivos de dos componentes: Los más importantes son los poliésteres, pero hay otro grupo más, los acrilatos de dos componentes y curado en frío.

1. Los poliésteres<sup>924</sup> pueden ser, a su vez:

- Saturados como las resinas alquídicas (se encuentran modificadas por aceites secantes). Usadas como aglutinante de pinturas, como barnices, como adhesivos poliésteres.
- No saturados o insaturados, son base de adhesivos de dos componentes que requieren de catalizador, como las resinas de poliéster que empleamos para vaciados o todo tipo de esculturas, objetos tridimensionales con o sin inclusiones, etc.

Características principales:

- Se le pueden añadir cargas y pigmentos y parece ser que sus primeras aplicaciones fueron la consolidación de materiales pétreos y tratamientos de maderas.<sup>925</sup>
- Densidad: 1,10.
- Resina rígida, con poca elasticidad

---

<sup>924</sup> Según la norma UNE-EN 923:2000, es un producto de la reacción polimérica de polioles y ácidos policarboxílicos que presentan repetido el grupo de enlace –CO-O–.

<sup>925</sup> Margarita San Andrés Moya, op. cit, pág. 34.

- Resistente al agua, vapor de agua, disolventes, aceites, ácidos diluidos y concentrados
- Resina de aspecto transparente. Puede ser coloreada sin dificultad

Su uso primordial es como resinas de moldeo en combinación con la fibra de vidrio, por ejemplo.

Productos comerciales: Ceys y Krafft (para metales los dos).

## 2. Acrilatos de dos componentes y curado en frío. Usados en uniones fuertes y resistentes al agua.

Este grupo lo componen adhesivos acrílicos solubles en disolventes orgánicos que curan por polimerización.

Están formados por dos componentes: resina y endurecedor que fraguan rápidamente (en cuestión de minutos y a temperatura ambiente).

Son adhesivos usados en cirugía: CMW 1 (de C.M.W. Laboratories).<sup>926</sup>

### • Adhesivos de un componente.

1. Cianoacrilatos o cianacrilatos: Tipo especial de éster acrílico monómero que tiene la fórmula general  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CN})-\text{COOR}$ .<sup>927</sup> Su curado es instantáneo y a temperatura ambiente. Esto imposibilita corregir la posición de los sustratos durante la unión.

Productos comerciales:

- Cianavion M.A. (Cemto).
- Cyanoceys (Ceys).

Características:

- Pueden aplicarse sobre gran cantidad de sustratos y efectúan buenas uniones.<sup>928</sup>

<sup>926</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 56.

<sup>927</sup> Vid. norma UNE-EN 923:2000.

<sup>928</sup> Tanto es así que el cianoacrilato de isobutilo, por ejemplo, es utilizado como tejido adhesivo en cirugía, para detener hemorragias (Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 577).

- No son adhesivos viscosos y por eso mojan bien los sustratos.
- Realizan uniones muy resistentes en segundos.
- Resistencia a la tracción alta.
- Estabilidad al calor hasta los 80° C.<sup>929</sup>

En el caso de la madera, por ser un material muy poroso hay que averiguar la cantidad de adhesivo necesario, haciendo pruebas, para efectuar correctamente la unión, ya que la cantidad de adhesivo que se utiliza es poquísima.

Son adhesivos que se comercializan en pequeñas cantidades porque su poder adhesivo es altísimo.

2. Adhesivos anaeróbicos: son adhesivos que en presencia de aire se mantienen fluidos pero cuando no existe, polimerizan en pocas horas. Suelen utilizarse para sellar roscas.

Loctite es una marca muy conocida.

#### **5.6.2.2 Curado por poliadición.**

Dos grupos lo integran:

- Resinas epoxi (EP). Son adhesivos formados por la resina y el endurecedor que normalmente vienen por separado, aunque también se da la circunstancia de que las hay de un sólo componente.<sup>930</sup>

Aún siendo muy importantes en el mundo de los adhesivos para madera, distan mucho de los resultados ofrecidos por las resinas fenólicas.

Características:

- Son muy buenas resinas para unir otros materiales con la madera (plásticos, metales, etc.) porque humectan bien y son poco viscosos:

Al ser relativamente espeso, no va muy bien con la madera excepto para las uniones por frotamiento. Sin embargo, las

---

<sup>929</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 58.

<sup>930</sup> En polvo o en barras, se usan para uniones metal-metal o metal-madera. Se ablandan a los 40° C y cuando llegan a los 70° C ya se pueden extender.

versiones<sup>931</sup> líquidas del adhesivo son específicas para madera.

- Son muy resistentes a la humedad, vapor de agua, aceites, disolventes, ácidos y bases diluidos.
- Densidad: 1,10.
- Resina de naturaleza rígida.
- De aspecto traslúcido, se puede colorear.
- Son resinas que secan por reacciones químicas (curado por poliadición). El adhesivo estándar puede tardar alrededor de cuatro horas en secar, pero también los hay más rápidos. No hay pérdida de volumen.
- Estas resinas, junto con las acrílicas, son las que más se aplican en restauración (masillas tipo Araldit).
- Las epoxi aportan capacidad resistente pero son irreversibles.
- Línea de cola resistente.
- Utilizadas con reforzantes metálicos (varillas, pletinas, etc.) para restauración de vigas de madera muy deterioradas.<sup>932</sup>
- No son adhesivos indicados especialmente para la carpintería (para la restauración de la carpintería de armar sí) pues son productos comparativamente más caros que los habitualmente usados. Suelen utilizarse en la fabricación de hélices hechas con LVL, para generar

---

<sup>931</sup> Albert Jackson, pág. 303.

<sup>932</sup> Para ampliar información sobre el tema vid. Liliana Palaia Pérez, “Reflexiones sobre teoría-práctica de la restauración de la madera en edificios antiguos”, pág. 42, en *La madera en la conservación y restauración y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición. Madrid, 1985, Edita: Mº de Cultura, dirección Gral. de BB.AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología. Trabajos presentados en la 5ª Ponencia de la Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, celebradas en Madrid en marzo de 1985, bajo el patrocinio del I.N.I.A. (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias) y del ANCOP (Agrupación Nacional de Constructores de Obras).



energía eólica porque «(...) cubren bien, están libres de solvente y son fuertes y compatibles con el proceso.»<sup>933</sup>

- Un punto importante es que no se producen porosidades ni quedan gases atrapados en la película por su total contenido en sólidos.<sup>934</sup>
- Son resistentes a la humedad.

Cargas: Pueden incorporársele cargas. Las más usadas son de tipo inorgánico para modificar características fisico-químicas.

Usos: unión de metales, vidrio-vidrio, metal-plástico y metal-madera.

Productos comerciales:

- Araldit (Ciba Geigy).
- Rayt.
- Krafft.
- Cemto.
- Fetadit.

Se suele mezclar el endurecedor y la resina justo antes de su aplicación.

- Adhesivos de poliuretano: Son buenos adhesivos para madera, pero también para metales-caucho

Características:

- Son flexibles y fuertes.
- Mayor resistencia que los adhesivos de urea y bastante próximos a los fenólicos. Dan uniones muy resistentes.
- Se utilizan principalmente para unir caucho y metal, madera-aluminio.
- Extremadamente caros.
- Gran resistencia al calor y a la humedad.

---

<sup>933</sup> Según “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, nº 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 44.

<sup>934</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 47.

- Algunos son muy resistentes a la radiación ultravioleta (Sikaflex 290 DC, por ejemplo).
- Inhibidores de microorganismos.
- Son pegamentos de fraguado rápido, con alta resistencia a la humedad, escasa resistencia al calor.
- Tiene un problema grande y es que se adhiere a las prensas metálicas, porque es un adhesivo que sirve para unir metal y madera.<sup>935</sup>

#### Productos comerciales:

- Adhesivos de poliuretano de dos componentes: Adhesivo **PU-456 de Kraft**. Es capaz de pegar todo tipo de sustratos. Es adecuado para pegar madera, metal, cemento, cerámica, caucho, PVC, etc. Resiste temperaturas de hasta 120° C. Resiste muy bien la humedad. Se puede colorear, añadir cargas para tapar juntas. Aplicación: en una cara.
- Adhesivos de poliuretano monocomponente de Sika, S.A.:<sup>936</sup>
  - Características: Utilizados para encolado de embarcaciones son, por tanto, resistentes al agua. También unen bien madera con acero y poliéster. Se utilizan como adhesivos elásticos de pavimentos de madera por esa resistencia al agua que poseen, su alta elasticidad y su alta adhesividad sobre sustratos como madera, hormigón, metales, plástico, mármol, etc. Disminuye la posibilidad de movimientos como alabeos por lo flexibles que son. Muy resistentes al envejecimiento. Resisten el agua salada caliza, ácidos y bases débiles, etc.
  - Aplicación: La capa de adhesivo puede ser de 0,5 mm a varios mm sin apenas contracción.
  - Curado de la resina: absorción de la h.r. del aire, por lo que no necesitan prensa. Cubre los defectos de fabricación cubriendo las irregularidades.

<sup>935</sup> Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, M° de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 368.

<sup>936</sup> Alberto Sastre, "Pegado elástico de pavimentos de madera", *CIC Información (Centro Informativo de la Construcción)*, Revista de la Construcción, nº 293, septiembre 2, 1996, págs. 55-57.

- Normas: NFB 51.021 (del CTBA de París) y Ensayo nº 88 MPX-L7 (del CTBA de Burdeos).
- Adhesivos: **Sikaflex 228**: para pegar grandes superficies en poco tiempo. Rellena huecos e imperfecciones. **Sikaflex 221**: Viscoso y tixotrópico **Sika Tack Panel**: Fijación instantánea. Se usa cuando se necesita mayor resistencia estructural.
- Diisocianatos: Especialmente el diisocianato de metileno (MDI). Empleado en la fabricación de tableros de partículas y tableros MDF. Se pueden humedecer bien y son fácilmente aplicables sobre las partículas o las fibras. Cuando se incorporan a las resinas de fenol-formaldehído mejoran su resistencia al agua.

#### 5.6.2.3 Curado por condensación.

Según la norma UNE-EN 301:1994 los adhesivos de policondensación son adhesivos fabricados a partir de una resina formada por una reacción de polimerización que incluye la eliminación de agua, con un endurecedor.

Esta misma norma establece dos tipos de adhesivos de acuerdo a su aptitud para el uso en las condiciones climáticas siguientes:

Tipos de adhesivos para uso en diferentes condiciones climáticas			
Temperatura	Equivalencia climática	Ejemplos	Tipo de adhesivo
> 50° C	No especificada	Exposición prolongada a altas temperaturas	I
≤ 50° C	85 % H.R. a 20° C	Exposición completa a condiciones climáticas externas	I
	85 % H.R. a 20° C	Edificios con calefacción y ventilación. Protegidos del clima exterior. Períodos cortos de exposición a condiciones climáticas externas.	II

En este grupo de adhesivos de policondensación tenemos los compuestos polihidroximetílicos [resinas aminoplásticas (aminorresinas) y resinas fenoplásticas (fenólicas)] y los adhesivos de silicona.

El primer grupo de adhesivos es el más importante en cuanto a usos estructurales de la madera se refiere. En él encontramos a las resinas de urea-formaldehído, a las de melamina- formaldehído y a las de fenol-formaldehído principalmente.

Hay que tener en cuenta que todos los tableros encolados con estas resinas emiten a lo largo de su vida formaldehído libre que no interviene en las reacciones de curado. Esto acarrea que en espacios cerrados se produzcan concentraciones del mismo. Esto es peligroso porque el formaldehído es un producto cancerígeno. Actualmente existen serias restricciones en cuanto a la cantidad máxima que pueden portar los tableros.<sup>937</sup>

FRAGUADO	RESINAS	APLICACIÓN	NOTAS
<b>EN CALIENTE</b>	Fenol-formaldehído	- Prensas – contrachapado - Tableros en general - Maderas mejoradas	Maderas resistentes a los agentes atmosféricos. Maderas resistentes a los mohos y bacterias. En general, soportan mejor las radiaciones que las resinas termoplásticas. Métodos: «Se coloca el conjunto en un ambiente cálido, se calientan asimismo las piezas de sujeción o se aplica una banda eléctricamente calentada entre la junta y la pieza de sujeción. Últimamente se ha recurrido también al calentamiento por radiación, y en casos donde la cola se encuentra lejos de la cara exterior de la junta se usa cada vez más corrientemente el calentamiento mediante frecuencia de radio». <sup>938</sup>
	Urea-formaldehído	- Tableros para interior en general	Reforzadas por resinas de resorcina y melamina.
<b>EN FRÍO</b>	Resorcina-formaldehído	- Uniones de piezas en los montajes - Piezas laminadas - Fijación de tableros a sus marcos o bastidores - Construcción	Se emplean siempre en forma líquida y con catalizadores. Aumentando la temperatura ambiente se reduce el tiempo de fraguado.
	Urea-formaldehído		
	Fenol-formaldehído		

Estas colas se fabrican de diversas formas: película seca, en polvo y en jarabe.

<sup>937</sup> “Los problemas que origina el formaldehído son de diversa índole, así, en concentraciones por encima de 0,33 mg/m<sup>3</sup> se siente olfativamente este producto, a partir de los 0,59 mg/m<sup>3</sup> se notan molestias en las fosas nasales, a partir de los 0,81 mg/m<sup>3</sup> a los picores nasales se une una irritación en el vértice interior de los ojos con producción de lagrimeo. Por encima de 3 mg/m<sup>3</sup> se tiene sensación de escozor en los bronquios” (Santiago Vignote Peña et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996, pág. 238).

<sup>938</sup> P.M. C. Lacey., “Resinas sintéticas para la madera”, *Montes*, año III, nº 16, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1947., pág. 367.

La empresa más importante, en el mundo, a nivel de producción de resinas de formaldehído, es la Neste Resins. Fabrica adhesivos con fenol, urea, melamina y resorcina para toda la industria de la madera: tableros contrachapados, de partículas, MDF, OSB, de fibras, LVL, madera laminada, etc.

- **Resinas aminoplásticas, resinas amínicas.**

Según las normas UNE se trata de una resina sintética derivada de una reacción de condensación entre un compuesto sintético que contenga grupos amino (por ejemplo, urea, tiourea, melamina) o compuestos similares, solos o en combinación, y formaldehído.<sup>939</sup>

Son, por lo general resinas de color más atractivo que las fenólicas y reforzadas pues presentan una línea de cola blanquecina.

Otra cuestión importante que las caracteriza es que no necesitan ni alta presiones ni altas temperaturas para su fraguado.

- **Adhesivos de urea-formaldehído: (UF).**

También llamadas colas de formaldehído de urea.

Aparecen comercialmente en 1930 pero es a partir de la IIª Guerra Mundial cuando se comienzan a utilizar a gran escala.

Son productos de condensación y polimerización de la urea y el formaldehído<sup>940</sup>. Necesitan para el curado de catalizadores o del calor, como vimos en el cuadro anterior.

Usos:

- Muy usadas en la industria del mueble y del contrachapado corriente (chapas estructurales). Encolado en caliente.
- Carpintería de armar: madera laminada en interiores.
- Tableros aglomerados de partículas para interior.

---

<sup>939</sup> Norma UNE-EN 301:1994. Vid. también norma UNE-EN 923:2000.

<sup>940</sup> Para más información vid. “Nuevas tendencias en los adhesivos empleados en tableros”, *Aitim*, nº 179, Enero-Febrero, 1996, Aitim, Madrid, pág. 83.

- Para hacer laminados, por medio de la impregnación.
- Mejora la resistencia de los papeles cuando están húmedos.
- Encolado de tableros alistonados y de alma enlistonada.
- Empalmado de chapas y rechapados.
- Uniones de piezas (en frío).

#### Características:

- Buena resistencia en seco.
- Por su poca resistencia al agua fría y al agua caliente, suelen destinarse para situaciones de interior (evitar el aire libre). No son muy apropiadas frente al calor seco. Se degradan rápidamente cuando están expuestas al agua, sobre todo a partir de los 40 – 60° C.
- No tiñe la madera.<sup>941</sup>
- Resiste largo período el agua fría, pero su resistencia al agua caliente es pequeña (no resiste altas temperaturas), necesitando la incorporación de melamina o resorcina.<sup>942</sup> Resiste a los aceites, a los disolventes y a los ácidos diluidos. Expuestas a los efectos de humedad y calor se deshacen rápidamente.
- Absorben menos agua que las colas animales y vegetales.
- Adhesivo de aspecto blanco y colores claros. Opaco. Con posibilidades de ser coloreada.
- Densidad: 1,50.
- Resina rígida, sin flexibilidad.
- Resina biodegradable.
- Desgastan las herramientas de corte.

#### Presentación:

<sup>941</sup> “[Con el roble] es necesario evitar la utilización de colas muy alcalinas (caseína) o colas ácidas (urea-formol) que hayan tenido contacto con materiales ferrosos” (Miguel Sintés Arnaiz, “Ficha técnica de maderas nacionales: el roble”, *Acomat*, año XII, nº 60, Sept-Oct, 1990, Acomat, Madrid, pág. 18).

<sup>942</sup> Para más información vid., Andrés Merino (director), *Biblioteca Atrium de la carpintería. Nuevas aplicaciones*, Vol. 5, Ediciones Océano, S. A., Barcelona, 1993, pág. 38 y Liesa et. al., op. cit., pág. 41.

- En jarabe con “endurecedor” o catalizador líquido (de vida más limitada) o en polvo.
- En polvo (resina + endurecedor) que se mezcla con agua y se aplica a las dos superficies (preferible para el taller personal).

Tiempos importantes referidos al adhesivo y a la adhesión:

1. Almacenamiento (a 20° C): jarabes (de 3 a 6 meses), en polvo (1 a 2 años).
2. “Pot-life”<sup>943</sup>: A 20° C, unas 48 horas más o menos.
3. Tiempos de unión: unas dos horas en ambientes cálidos pero puede variar según formulaciones.
4. Tiempos de presión: varía según temperatura y endurecedor.
5. Tiempos de estabilización: a 20° C unas 7 horas, pero puede disminuir si aumenta la temperatura.

Temperatura de curado: temperatura ambiente, pero mínima de 10° C, es decir en frío.

Curado: Policondensación. Son colas que fraguan por cambio de valor en el pH, ya que al comienzo suele ser ligeramente alcalina o neutra pero después, al mezclar con el endurecedor y aumentar la temperatura, el pH baja hasta valores ácidos.

Tienen el inconveniente de emitir formol. Estas emisiones libres estén reguladas en todos los países y cada vez se admite menos cantidad.<sup>944</sup>

---

<sup>943</sup> Vida útil de la mezcla.

<sup>944</sup> Por motivo de esas emulsiones se comenzaron a buscar sustitutos de estas resinas: «(...) Se empiezan a emplear la melamina-urea-formaldehído y los adhesivos vinílicos, en solución acuosa o en emulsión, asociados a un isocianato (WPI) como agente endurecedor. (...) Las líneas de investigación actuales se están centrando en la utilización de resinas WPI para el encolado de maderas con mucha humedad» (“Investigación sobre adhesivos”, *Aitim*, n° 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 70).

Curado de las resinas de urea-formol <sup>945</sup>		
Tiempo de reposo	% y tipo de curado	Tiempo de presión
35 horas	28% en frío	27 min.
	68,7% por calentamiento tradicional	8 min.
	3,3, por alta frecuencia	3,5 min.

Presión ejercida sobre las piezas: 7 Kg/cm<sup>2</sup> en las resinosas y 11 Kg/cm<sup>2</sup> en las frondosas.

Dosificación: 350 a 600 g/m<sup>2</sup>, doble cara.

Aplicación: Las colas que llevan el endurecedor líquido se aplican de la siguiente manera: la resina o mezcla de polvo y agua se aplica en una superficie y en la otra el endurecedor. Luego se unen las partes y se aplica presión.

La temperatura de aplicación oscila desde la temperatura ambiente hasta altas temperaturas de más de 100° C y se realiza por medio de calentamiento por alta frecuencia y placas de acero calentadas por electricidad.

Existen también resinas de urea mejoradas o “fortificadas” o “reforzadas”. Esto se consigue adicionándole resinas de melamina, resorcinol o fenol, con ello se mejora su comportamiento frente a la humedad y temperatura.

Podemos ordenarlas, en función de su resistencia, de la siguiente manera:

<p><b>Más resistentes</b></p> <p>↑</p> <p>↓</p> <p><b>Menos resistentes</b></p>	Resinas de urea fortificadas o reforzadas.
	Resinas de urea de prensado en caliente.
	Resinas de urea de prensado en frío.
	Colas ampliadas (con cargas).

<sup>945</sup> “Las colas vinílicas y las de urea-formol, las preferidas por los industriales franceses”, Aitim, n° 173, Enero-Febrero, 1995, Aitim, Madrid, pág. 44.



Cargas: Son muy compatibles con este tipo de resinas.

Dado el aspecto (polvo ligeramente amarillento) de esta resina es fácil adulterarla. Normalmente le adicionan extendedores como la harina de trigo o de centeno y ocasionalmente harina de almidón de tapioca, por ejemplo, pero entraña muchos problemas:

El empleo de extendedores (harina de trigo) permite reducir costes pero reduce la resistencia a la humedad y a los microorganismos en razón directa al porcentaje de harina empleada, utilizándose mas este sistema en operaciones de prensado en caliente.<sup>946</sup>

Pueden alcanzarse cantidades de hasta el 200% pero se resentiría la cola, por lo que comenta Liesa, aplicando más del 30%.

Tanto la harina como el almidón, son las cargas más habituales en las colas usadas para la fabricación de los contrachapados.

Las cargas también se usan para evitar que se agriete la película por un grosor excesivo. Esto puede suponer un 10% y no está considerado como adulterante, ya que mejora las propiedades de la resina.<sup>947</sup>

Estas resinas ampliadas, son más propensas a los ataques de bacterias y hongos.

El abuso de las cargas trae consigo una disminución de la resistencia.

Tipos de madera sobre los que se puede aplicar y tensiones admisibles. <sup>948</sup>				
Tipo de madera		Estado higroscópico		Tensiones admisibles (Kg/cm <sup>2</sup> )
Dura (frondosas y tropicales)	Blanda (Coníferas)	Seca	Húmeda	
				30
				60
				40
				80

<sup>946</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 107.

<sup>947</sup> Idem , pág.40.

<sup>948</sup> Según Cassinello, op. cit., pág. 369.

#### Productos comerciales:

- “Cascamite” (Productos de Conservación, S.A.) Se aconseja su uso para carpintería, ebanistería y fabricación de barcos y se asegura que es resistente al agua.<sup>949</sup>
- “Aerolite” (Ciba Geigy). Aconsejado para la fabricación de tableros de partículas, MDF y contrachapados, en estructuras alveolares para puertas (tableros armados), etc.<sup>950</sup>
- Cola de Kaurita:<sup>951</sup>

Presentación: líquida o en polvo.

Conservación: líquida 3 meses y en polvo limitada.

Dosificación: la cola 150 - 200 g/m<sup>2</sup> y el endurecedor 75 g/m<sup>2</sup>.

Presión: 4 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tiempos de presión: varían según endurecedor.

- Cola de Kaurita WHK: es una cola de Kaurita alargada con polvo de baquelita.
- Pollopas.

#### Ventajas:

- Bajo coste (son las resinas amino más usadas).
- Fácil manejo (Fraguan a temperaturas bajas).

#### - **Adhesivos de melamina- formaldehído. (MF).**

Obtenidos por condensación y polimerización de la melamina y el formaldehído.

Desde que se obtuvo por primera vez la melamina hasta su comercialización pasaron más de 100 años y multitud de experimentos en varios laboratorios que obtuvieron casi a la par esta resina:

La melamina fue obtenida por primera vez en 1834 por Liebig  
(...) La condensación de la melamina con el formaldehído se

---

<sup>949</sup> También es resistente al moho y al óxido.

<sup>950</sup> Liesa et. al., op. cit. , págs. 107-109.

<sup>951</sup> Vid. *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971., pág. 343.

llevó a cabo por primera vez en los laboratorios de la Henkel & Cie GmbH. Por Hentrich y R. Köhler el año 1935. Independientemente y poco tiempo después se obtuvo igualmente en los de la Gesellschaft Für Chemische Industrie por G. Widemer y en los de la I.G. Farbenindustrie por W. Zerweck. Hasta el año 1940, en plena Guerra Mundial, no empezó la producción comercial de las resinas de melamina.<sup>952</sup>

#### Usos:

- Muy usadas para chapeados y aplacados.
- Contrachapados (chapas estructurales).
- Tableros aglomerados.
- Como las de urea, una pequeña adición en la pasta de papel y aumenta considerablemente la resistencia de los papeles.

Temperatura habitual de aplicación: 95-105° C, aunque su temperatura mínima de fraguado sea de unos 65° C. Se utiliza la alta frecuencia.

#### Características:

- Aventajan a las de urea por su resistencia a altas temperaturas y gran duración.
- Resina resistente a la humedad, vapor de agua, aceites, disolventes y ácidos y bases diluidos.
- Suelen ser resinas que añadidas a las de urea, mejora sus propiedades pues aumenta su resistencia al agua y, especialmente, al agua caliente.
- Densidad: 1,50.
- Dosificación: Alrededor de 150 gr./m<sup>2</sup>.
- Resina rígida sin flexibilidad.
- Aspecto que presenta la resina: opaco, en blanco o colores claros. Posibilidad de ser coloreada.
- Presentan formol libre.
- Son biodegradables.
- Presenta una línea de encolado muy dura, resistente y clara.
- Sirven como reforzante de las resinas de urea-formaldehído.

---

<sup>952</sup> César Peraza Oramas, "Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos", *Montes*, año X, n° 58, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1954, pág. 282.

Presentación: En polvo, aunque también las hay en jarabes solubles en agua cuando no están curadas y tienen bajo peso molecular.<sup>953</sup>

Son 3 o 4 veces más caras que las fenólicas y más caras también que las de urea. Esta es la razón de que se empleen menos que las otras resinas.

- **Adhesivos fenólicos:**

Según las normas UNE una resina fenólica es una resina sintética derivada de una reacción de condensación entre un compuesto fenólico (por ejemplo, fenol, cresol, xileno, resorcina), o una mezcla de compuestos fenólicos, y un aldehído (por ejemplo, formaldehído, furfuraldehído), o una mezcla de aldehídos.<sup>954</sup>

- **Adhesivos de fenol-formaldehído: (FF ó PF).**

Condensación del fenol con el formaldehído.

En 1872 Bayer describe los productos de condensación pero hasta 1907 que Leo H. Baekeland (1863-1944) consigue controlarlos de manera segura y crea una resina apta para usar en adhesivos. Su empleo en tableros se remonta unos sesenta y cinco años atrás.

Características:

- Emiten formol, además de que los fenoles son tóxicos y deben ser eliminados de las aguas residuales.<sup>955</sup>
- Son adhesivos fuertemente polares.
- Fraguan a mayores temperaturas que las resinas aminoplásticas y son más duras, esto último acarrea el frecuente desgaste de herramientas al trabajar sobre ellas, salvo que se trabaje con puntas de diamante.

---

<sup>953</sup> Gessner G. Hawley. Op. cit., pág. 643.

<sup>954</sup> Norma UNE-EN 301:1994.

<sup>955</sup> Una empresa griega ACM Wood Chemicals están obteniendo adhesivos que pueden utilizarse para fabricar resinas fenólicas. Dichos adhesivos los obtienen por procedimientos que conllevan la pirólisis de aceites, sistema de más baja toxicidad que la del fenol y su carácter renovable (“Tercer Simposium de la Federación Europea de tableros”, *Aitim*, nº 213, Sept-oct, Aitim, Madrid, 2001, pág. 65.

- Son adhesivos altamente resistentes a la humedad y temperatura. Son resistentes tanto al agua fría como caliente y soportan situaciones climatológicas adversas de todo tipo.<sup>956</sup> Resistentes al vapor de agua, disolventes, ácidos diluidos, etc.
- Densidad: 1,25.
- Dosificación: de 125 a 170 g/m<sup>2</sup>.
- Resisten bien el ataque de microorganismos.
- Como son adhesivos pensados para situaciones extremas de humedad y temperatura, son perfectamente compatibles con los protectores usados en la madera.
- Aspecto de la resina: opaca y de color oscuro.

Usos: dependen de la temperatura del proceso de curado.<sup>957</sup>

- Temperatura ambiente (10-30° C):
  - Tableros alistonados y de alma enlistonada.
  - Chapas estructurales.
  - Carpintería de armar.
- Temperatura elevada (30-100° C):
  - Adhesivo estructural.
  - Contrachapados resistentes al agua.
  - Rechapados.
  - Tableros de todo tipo. Son adhesivos típicos de los contrachapados resistentes a la humedad y de exteriores. Tableros aglomerados.
- Alta temperatura (100° C):
  - Contrachapados.
  - Tableros aglomerados.

Aplicación del calor: Alta frecuencia y placas de acero calentadas.

Presentación comercial:

- En film: Favorece la aplicación facilitando el trabajo. No se producen pérdidas, la cantidad es uniforme, aunque suele ser más caro.

---

<sup>956</sup> Los aviones “Mosquito” ingleses de la IIª Guerra Mundial estaban encolados con adhesivos de fenol-formaldehído (bakelita).

<sup>957</sup> Vid. Liesa et. al., op. cit., pág. 108.

(Como el famoso “Tego” o “Tegofilm” usado hacia 1944 en Alemania).<sup>958</sup> Usado para contrachapado fino en la fabricación de aviones.

Se trata de resina no curada aplicada sobre las dos caras de una fina hoja de papel de seda.<sup>959</sup> Esta lámina se coloca entre las chapas (por ejemplo) para formar el contrachapado y se les aplica una presión de 7-20 Kg., según especies y una temperatura de 135-150° C.<sup>960</sup>

- En forma líquida: Para contrachapados corrientes. El proceso es similar al anterior: la resina líquida se extiende sobre una o ambas caras y se prensan.

En 1988 la Organización de Investigación Industrial (CSIRO) consiguió un nuevo adhesivo fenólico aplicable a los contrachapados, con el fin de poder utilizar especies hasta el momento no utilizables. Lo comercializará la firma Monsanto Australia Ltd.<sup>961</sup>

---

<sup>958</sup> Hay diversa información acerca de “Tego” (T) que incluimos aquí por considerarla de interés: “[Tego] MR de un producto suministrado en forma de película en rollos impregnados con una resina basándose en fenol-formaldehído. Usos: agente aglutinante e impermeabilizante utilizado en la prensa caliente para la elaboración de paneles chapados de alta calidad y para juntas de muebles chapeados” (Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 940). “(...) [Cola Tegofilm] Se suministra en forma de películas o cintas delgadas y sólo puede trabajarse en caliente. Por ello es más adecuada para la fabricación de contrachapados (...) Una variante de esta cola es el **Tegowiro**, consistente en cintas de Tegofilm con armadura de alambre fino. Este alambre puede calentarse por electricidad y conseguir así el rápido endurecimiento en juntas inaccesibles a la calefacción ordinaria” (*Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971, pág. 343). “(...) En Alemania se prepara el tipo llamado Tegofilm, que también se emplea en aviación. Se prepara en rollos de unos 1.000 metros de largo con una anchura de 2,10 metros; el soporte es papel finísimo, de espesores comprendidos entre 0,07 y 0,1 mm. El prensado se hace en caliente, y el encolado tiene una resistencia extraordinaria, permite construir tableros delgadísimos de espesor uniforme y juntas de encolamiento que prácticamente no se ven; es corriente en esta clase de tableros el de tres chapas de abedul, que, con las dos juntas de encolamiento, tiene un espesor total de 0,8 mm. (Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 93). “Los adhesivos de resina sintética se usaron comercialmente por primera vez en las fábricas europeas de contrachapado, y hasta 1935 no se dispuso en los EE.UU. de «Tego» (...)” (PANSKIN, A. J. et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 173).

<sup>959</sup> Este tipo de presentación laminar puede encontrarse en otros adhesivos pero con “soportes” diferentes como tejido, folio o lámina de papel. En términos de adhesividad se denomina “soporte” al material flexible sobre el que se aplica el adhesivo.

<sup>960</sup> P.M.C. Lacey, op. cit., pág. 365.

<sup>961</sup> Información de la sección “Noticias” de *Acomat*, Enero-Febrero, nº 50, 1988, Acomat, Madrid, pág. 32

En 2000 la firma alemana Bakelite del grupo Rütgers desarrollan unas resinas fenólicas nuevas (HW y HL) para su aplicación en frío y caliente.

Cargas: Adicionando caucho da una gran resistencia al choque. Adicionando nylon, da una gran resistencia mecánica. Pero estas se utilizan más para el moldeo.<sup>962</sup>

Las harinas de madera son las más habituales para encolados, porque son muy baratas, es fácil conseguirlas y además tienen buenas propiedades físicas. Se trata de madera en polvo seca. Hay distintas calidades en función del color, tamaño de partícula: «estándar doméstico, fino doméstico, importado 40-60 mallas [mallas / pulgada], 70-80 mallas, etc.»<sup>963</sup> Es el relleno más absorbente de humedad con excepción de la celulosa pura, aunque es peligroso por el riesgo de incendio que comporta.

Las más utilizadas son las de color claro y baja densidad, aunque también se usan otras de mayor densidad:

- De baja densidad: pino blanco, tilo americano, álamo, álamo amarillo, abeto bálsamo y pino de Escocia.
- De densidad más alta: arce, roble, abedul y copalme.

Otra carga utilizada es la harina de cáscara de nuez, porque contiene cantidades apreciables de dos componentes importantes en la lucha contra la humedad y, más concretamente, estas harinas tienen buena resistencia al alabeo:

- La cutina: de naturaleza cérea e impermeable.
- La lignina: sirve de relleno y de aglutinante.

En los años 50 se utilizaba la harina de coco como carga en las resinas de urea-formaldehído y en las de fenol-formaldehído.

---

<sup>962</sup> A la bakelita se le adicionaba polvo de madera impalpable con lubricantes y tinturas para posteriormente ser moldeadas. En estos casos, la resina sólo representa una cantidad entre 30 y 50% del material.

<sup>963</sup> Según Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 624 y Panshin, PANSHIN, A. J. et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959., pág. 534. Éste último comenta que las más habituales son las de 60 mallas/pulgada.

Las cargas o extendedores utilizados con estas resinas tienen la misma función que en las otras resinas: mejorar ciertas cualidades, facilitar el extendido de la resina y también como adulterante que abarata costos.

Si se van a usar cargas orgánicas naturales hay que tener cuidado pues se hacen más sensibles a la humedad y, en consecuencia facilita la formación de hongos.<sup>964</sup> Se utilizaron a veces extendedores amiláceos<sup>965</sup> como las harinas (de patata, por ejemplo) o el almidón, y también sangre seca, cuando las colas de sangre se usaban con la madera.

En el encolado de contrachapados se usan extendedores lignocelulósicos con las resinas fenólicas: Furafil™ es uno de ellos y se utiliza para colas fenólicas que van a usarse en contrachapados.<sup>966</sup>

Características:

- Resina sólida.
- Su color varía desde el gris al negro (puede apreciarse en el canto de los tableros fenólicos una línea de encolado oscura).
- Forma película muy dura.
- Es irreversible cuando ha curado.

Estos tableros se obtienen de la siguiente manera:

Se obtiene intercalando entre las láminas de madera, papel impregnado de resina, resol. Cuando estas maderas se impregnan mucho en resina (incluso a baja presión para facilitar la penetración) y se dan luego compresiones del orden de 100 Kg/cm<sup>2</sup>, se obtienen maderas mejoradas, muy resistentes al impacto (...)<sup>967</sup>

---

<sup>964</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 43.

<sup>965</sup> Que contiene almidón.

<sup>966</sup> Para más información vid. Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 492.

<sup>967</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 123.



Tipos de madera sobre los que se puede aplicar y tensiones admisibles. <sup>968</sup>				
Tipo de madera		Estado higroscópico		Tensiones admisibles (Kg/cm <sup>2</sup> )
Dura (frondosas y tropicales)	Blanda (Coníferas)	Seca	Húmeda	
				25
				30
				40
				50

Su adhesividad es tan fuerte que pueden ser usadas para realizar cualquier tipo de unión: empalme (unión por testas), ensamblajes y acoplamientos (en dirección a la fibra). Pero une mejor madera con madera que metal con metal, porque la madera, al igual que el adhesivo, son polares sus moléculas y las de los metales no.<sup>969</sup>

Temperatura de aplicación: superior a 130° C.

Dos tipos de resina según el tipo de curado:<sup>970</sup>

Tipo de curado	Uso	Presentación
Curado en caliente	En contrachapados	En soluciones alcalinas acuosas. Adhesivos en film.
Curado en frío	En montajes de madera	Adhesivos de 2 partes: resina y endurecedor.

#### - Resinas “fortificadas”.

Adhesivos de resorcina. (Resorcina-fenol-formaldehído. Resorcina-formaldehído. Fenol-Resorcinol).

También se les denomina adhesivos de fenol-resorcina y resorcinol-formaldehído. Llamada también **Cola roja** por los carpinteros de ribera.

<sup>968</sup> Cassinello, op. cit., pág. 369.

<sup>969</sup> A las colas animales y vegetales les pasa igual porque su naturaleza también es polar, pegan mejor la madera que los metales.

<sup>970</sup> Liesa et. al., op. cit., pág. 42.

Obtenidos por condensación y polimerización del resorcinol y el formaldehído.

Adhesivos introducidos en la industria del contrachapado en 1943.

Características:

- Es otro tipo de resina fenólica pero tienen la ventaja de que pueden curar sin el concurso del calor, es decir, a temperatura ambiente (aunque no inferior a 20° C).
- Muy empleada en la construcción con madera: vigas laminadas, etc., por su buena resistencia mecánica.
- Son muy resistentes a la humedad, incluso al agua hirviendo (impermeables), por eso son excelentes para usos exteriores.<sup>971</sup>  
Pero antes de terminar su curado son solubles en agua en cualquier proporción.
- Solubles en agua, cetonas y alcoholes.
- Mojan bien los sustratos
- Encolado de chapas estructurales.
- Hay que tener cuidado porque manchan.
- Buen comportamiento al fuego.
- Buen adhesivo metal-madera.
- Menos respetuosa con el medio ambiente que otras resinas ya que presentan un problema de tipo ecológico por el fenol libre que queda después del lavado de los utensilios.<sup>972</sup>

Presentación:<sup>973</sup>

- (a) Resina: líquido color chocolate.
- (b) Endurecedor: líquido oscuro muy viscoso o en polvo, que contiene el formaldehído necesario para la polimerización.

---

<sup>971</sup> Resinas usadas en la construcción desde los años 40. Véase el artículo “Colas modernas y su aplicación a la madera laminada”, Montes, año I, nº 2, Marzo-Abril, 1945, Montes, Madrid, pág. 71.

<sup>972</sup> “Adhesivos para estructuras de madera laminada”, *Aitim*, nº 179, Enero-Febrero, 1996, Aitim, Madrid, pág. 25.

<sup>973</sup> Para más información vid., Andrés Merino (director), op. cit, pág. 38.

Aspecto de la línea de encolado: «Una vez asentado el adhesivo forma una línea de color marrón rojizo [marrón rojo-violáceo] que puede ser visible en maderas de colores pálidos».<sup>974</sup>

Puede manchar las chapas sobre todo si son delgadas.

Tiempos importantes referidos al adhesivo y a la adhesión:

- 1) Almacenamiento (a 20° C): para la resina 12 meses, para el endurecedor líquido 12 meses y para el endurecedor en polvo el tiempo es indefinido.
- 2) Pot-life: (a 20° C) de 3 a 9 horas.
- 3) Tiempos de unión: de 45 minutos a 2 horas.
- 4) Tiempos de presión: en la madera laminada unas 16 horas (a 20° C para las resinosas y a 25° C para las frondosas).
- 5) Tiempos de estabilización (a 20° C): de 6 a 9 horas si polimeriza a altas temperaturas (más de 60° C). Dejar enfriar.

Temperatura de curado: De 20 a 100° C. Por debajo de 15° C no puede fraguar.

Curado: Policondensación.

Presión ejercida sobre las piezas: sobre resinosas 7 Kg/cm<sup>2</sup> y sobre frondosas 10 Kg/cm<sup>2</sup>.

Aplicación de calor: placas de acero calentadas y alta frecuencia<sup>975</sup>

Dosificación: 350 a 500 g/m<sup>2</sup> doble cara.

Usos o aplicaciones:

- Usos estructurales donde, por las características de las piezas no sea posible la aplicación de calor: grandes vigas y piezas de madera que van a estar expuestas a la intemperie.

---

<sup>974</sup> Albert Jackson, op. cit., pág. 302.

<sup>975</sup> La alta frecuencia, radiofrecuencia, etc. lleva empleándose muchos años en el encolado de la madera porque calienta la cola sin calentar en exceso la madera, como ocurriría en una prensa de platinas calientes, y «las temperaturas alcanzadas en la cola son independientes del grosor del tablero, por eso da igual encolar un tablero que una pila» (A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 180.)

- Chapas estructurales.
- Son muy usados en la fabricación de tableros y encolados marinos o trabajos de madera relacionados con el mar. Tableros alistonados y de alma enlistonada.
- Son los adhesivos más utilizados en la fabricación de la madera laminada encolada de interior y exterior.
- Muy usados en el encolado de especies de gran densidad y de aquellas que presentan aspecto grasiento, incluso maderas húmedas.<sup>976</sup>

Forma de aplicación: la resina y el endurecedor se mezclan antes de ser aplicados a la superficie.

Cargas: son adecuadas para reducir la contracción de la resina fraguada, ya que una vez curada la resina se vuelve frágil.

Junto con las resinas de resorcina-melamina son las únicas que sirven para encolar maderas tratadas con productos oleosos.

Su precio es cinco veces más alto que las fenólicas o que las de urea-formaldehído.

Muy usadas en la fabricación de tableros contrachapados de madera de eucalipto (añadiendo a una resina fenólica un 2% de resorcina).

Firmas comerciales: Bakelite (del grupo Rütgers), Alemania.

Adhesivos de Melamina-urea-formaldehído. (MUF) También denominados urea-melamina- formaldehído.

Se obtienen por la reacción del formol sobre una mezcla de urea y melamina.

A estas resinas se las conoce como “vidrio orgánico” por ser transparentes.

---

<sup>976</sup> “Adhesivos para estructuras de madera laminada”, *Aitim*, n° 179, Enero-Febrero, 1996, Aitim, Madrid, pág. 25.

#### Características:

- Genera una línea de cola dura y más clara que la producida por las resinas de resorcina-fenol-formaldehído.
- Buen comportamiento a la temperatura
- Insoluble en agua.
- Propiedades superiores a las de urea.
- Más baratas que las de Melamina-formaldehído.
- Son resinas más respetuosas con la salud y el medio ambiente ya que no producen los olores típicos a fenol, formol, etc., que producen otras resinas.
- Resinas flexibles, tienen menor penetración en la madera que las de resorcina, por ejemplo.

#### Presentación comercial:

- Como colas: Kaurit, Komakoll. "Melurac": es una resina de urea-melamina-formaldehído usada para la unión de contrachapados resistentes a la intemperie. Contiene ya los endurecedores la propia resina, esto trae la ventaja de no tener que dosificar los componentes, pero presenta un problema de conservación y almacenamiento puesto que el hecho de llevar estos reactivos hace que sea menos estable. Esto no ocurre si la resina se presenta en polvo.
- En planchas decorativas y polvos de moldeo: Bakelita-urea, Gabrita, Melbrita, Melopas.
- Barnices: Plastopal, Resamin.

#### Aplicaciones:

- Tableros alistonados y de alma enlistonada.
- Madera laminada.
- Chapas estructurales y contrachapados.
- Tableros aglomerados.

Temperatura de curado: desde temperatura ambiente hasta altas temperaturas (100° C).

Aplicación del calor para su fraguado: Alta frecuencia y placas de acero calentadas.

#### Adhesivos de urea-resorcina:

Aplicaciones:

- Tableros alistonados y de alma enlistonada.
- Empalme de chapas y chapas estructurales.

Temperatura de curado: de temperatura ambiente hasta 100° C.

Aplicación del calor: Placas de acero calentadas.

#### Adhesivos de fenol-urea:

Aplicaciones: Contrachapados.

Temperatura de curado: entre 30 y 100° C.

#### • **Adhesivos de silicona (SI).**

Según la norma UNE-EN 923:2000, es un polímero cuyas moléculas consisten en cadenas principales de átomos de silicio alternados con átomos de oxígeno y con grupos laterales que contienen carbono.

Hay un adhesivo de silicona sensible a la presión que se llama Fabric-Sil y que no necesita para su curado ni disolventes ni calor, sólo con el contacto y cierta presión.<sup>977</sup>

Productos comerciales:

- Sellaceys (Ceys).
- Cemto silicon (Cemto).

---

<sup>977</sup> Para más información vid. Margarita San Andrés Moya, op. cit, pág. 43.

## **6 CRONOLOGÍA DE ALGUNOS ACONTECIMIENTOS IMPORTANTES EN LA VIDA DE LA MADERA. TABLA DE EFEMÉRIDES.**

Algunos hechos importantes relacionados con la madera y sus derivados.<sup>978</sup>

### **Neolítico:**

- 9.000 años a. de J.C. el hombre fabrica su primera “sierra” con pedazos de perdernal clavados a una madera.
- Una canoa de 6.300 años a. de J. C parece ser uno de los restos más antiguos conservado en madera.
- Comienza la deforestación: El hombre tala con sus hachas de piedra, cultiva durante algún tiempo, lo abandona, marchan a otro sitio y vuelta a empezar, es el principio de “cortar e ir a otra parte” que se aplicó hasta la mitad del siglo XX.

### **Edad del cobre (4000 a 2000 años a. De J.C.):**

- El arte egipcio comienza en esta Edad Existen tallas de madera anteriores a los 3000 años a. de J.C.
- Existe una estatua de madera que representa a Ramke, (personaje de la IV dinastía egipcia) que tiene siete mil años de existencia.

### **Año 1500 a. de J.C.:**

- Primeras referencias sobre chapado de madera y utilización de cola, supuestamente animal, en unos jeroglíficos de la época de Thotmes III.

### **Año 1300 a. de J.C.:**

---

<sup>978</sup> Los datos aquí reflejados han sido extractados de la información bibliográfica utilizada en este trabajo y que se detalla en su capítulo correspondiente. No se utilizan citas a pie de pág. Para no ralentizar su lectura, haciéndose así un poco más amena y rápida. Es un capítulo concebido con carácter exclusivamente pedagógico. Incluimos Aquí este capítulo porque en los venideros, se incluye un apartado que estudia brevemente la trayectoria histórica de muchos materiales y productos derivados de la madera.

- Esculturas de Tebas de esa época describen el chapeado o la unión de finas piezas de madera a un tablón. Los egipcios utilizan ya la caseína, el almidón y azúcares con colas.

### **Año 1000 a. de J.C.:**

- En China se utiliza la ictiocola para la construcción de barcos.
- Existen construcciones en madera de esta época (más de 3000 años).

### **Año 300 a de J.C., aproximadamente:**

- Teofrasto (Theophrastos Eresios, 371-286 a. de J.C.) escribe Historia natural de los vegetales.
- Materia Médica de Discórides (c. 300 a. De J.C.)

### **Siglo III d. De J.C.:**

- Retratos de El Faiyum. Considerados como las pinturas más antiguas sobre tabla (cedro del Líbano, tilo...)

### **Siglo VII:**

- Existe un templo japonés en madera construido en el 607 de nuestra era.

### **Siglo XI:**

- Algunos templos de Nara (Japón), contruidos prácticamente en su totalidad en madera de cedro imputrescible, datan de esta fecha y otros tantos son anteriores.
- Quedan todavía 29 iglesias noruegas, algunas con más de 800 años de vida Por ejemplo: Iglesias de: Heddal, Borgund, Lom, Hoppearstad.

### **Siglo XIII:**

- Hacia 1230 el arquitecto francés Villard de Honecourt realiza un dibujo que parece ser la primera sierra hidráulica conocida.

### **Siglo XVI:**



- A principios de este siglo Leonardo pinta la Gioconda sobre tabla de chopo, madera considerada en general de “poca durabilidad”.
- El primer antecedente de la madera laminada podemos encontrarlo ya en este siglo, de la mano de Philibert Delorme.
- En el siglo XVI se instalaron las primeras serrerías hidráulicas en Finlandia y en los siglos XVI y XVII ya se exportaba madera aserrada.
- 1590: Johanes y Zacharias Jansen inventan el microscopio.

### **Siglo XVII:**

- **1601:** Un Decreto prohibió en Francia el apeo de la madera en época de savia, bajo pena de decomiso.
- **1665:** Robert Hooke (1635-17039) descubre la estructura celular de los organismos.
- **1682:** En Francia, Papin descubre un proceso de cocción con el que obtiene un producto de aspecto viscoso, obtenido a partir de huesos frescos de animales, y que no es cola de huesos. Se trata de la gelatina.
- A **finales del siglo** se construye en Holanda la primera fábrica para la producción de colas de origen animal.

### **Siglo XVIII:**

- **1700:** Se acuña la palabra *gelatina*.
- Durante este siglo: Se utiliza mucho el Tulipanero o Tulipia en. Taraceado y marquetería.
- Inglaterra obtiene la primera patente para la fabricación de colas de pescado y de ictiocola.
- **1750:** Aparición de la industria del corcho en Francia.
- **1754:** Primera patente inglesa que describe la producción de gelatina.

- **1774:** Joseph Priestley (1733-1804) descubre el oxígeno.
- **1775:** Las primeras experiencias sobre la influencia de la corteza en las características de la madera provienen del naturalista Duhamel du Monceau.
- **1779:** Jan Ingenhousz (1730-1799) descubre la fotosíntesis.
- **1790.** Llega a Europa (a Inglaterra) la caoba procedente de Centroamérica, como lastre de un barco, y durante este siglo y el siguiente, también será utilizada como soporte pictórico, aunque no profusamente dado su elevadísimo precio.
- **1799.** Máquinas de hacer papel continuo.
- A **finales de este siglo** se patentan el uso del caucho natural como adhesivo.

### **Siglo XIX:**

- En el siglo XIX, con la invención de la máquina de vapor, la industria del aserrado toma un gran desarrollo.
- Se patentan y comercializan durante este siglo adhesivos de origen animal (pieles, huesos, pescado) y derivados del caucho.
- **1825:**
  - El empleo de los silicatos como adhesivo se lleva a cabo en 1825 por Van Fuchs.
  - Hacia 1825, el coronel Emy, siendo director de las fortificaciones de Bayona construye un edificio militar y se inspira en lo hecho por Delorme, superponiendo las tablas mediante acoplamientos de cara.
- **1828:** F. Wohler sintetiza el primer compuesto orgánico: la urea.
- **1830:** Nacimiento de la protección industrial de la madera con las plantas de vacío-presión que desarrolló Bethell.

- **1833:** La estructura “Baloam Frame” o “armazón global” se debe a Augustine D. Taylor, quien utilizó el nuevo sistema en la primera iglesia de St<sup>a</sup> M<sup>a</sup> en Chicago (1833.)
- **1834:** Descubrimiento de la resina de melamina. No se explotará hasta el siglo XX por no ver todavía su potencial.
- **Hasta mediados de este siglo:** Los ebanistas preparaban ellos mismos los revestimientos, sacando con la sierra de mano las chapas necesarias de los troncos o tablones.
- **1840:** Justus Von Liebig (1803-1873) descubre la nutrición mineral de las plantas, con el consiguiente abandono de la teoría del humus.
- **1841:** Aparece el entramado tan famoso, usado en la construcción, y patentado por William Howe, que superó con creces a todos los demás. Este sistema se implantó universalmente en la fabricación de puentes para el ferrocarril hasta 1948.
- **1843:**
  - En este año se montó en Friburgo la primera fábrica alemana de chapa de madera para revestimientos. También parece haber indicios de una fábrica de contrachapado en esa misma fábrica.
  - Utilización de la madera como materia prima para la fabricación de papel ante la escasez de trapos.
- **1847:** Descubrimiento de la resina de poliéster. No se explotará hasta el siglo XX por no ver todavía su potencial.
- **1850:** Nace la moderna industria del aserrado con la aplicación de la máquina de vapor a las sierras circular y de cinta.
- **1858:** Patente Liman para la fabricación de tableros de fibras.
- **1860-1900:** Se consideran a estos cuarenta años como la **Edad de la Madera de Sierra**.

- **1862:** 2ª Gran Exposición de los Plásticos.
- **Último tercio del siglo:** Aparecieron las máquinas de cortar chapa por cepillado. A la máquina de cortar siguió la de desenrollar.
- **1863:**
  - F. Walter descubre el linóleo.
  - En este mismo año se funda en Friburgo-St. Georgen la importantísima empresa dedicada al corte de la madera B. Raimann Maschinenfabrick. En la actualidad sigue funcionando bajo el nombre de Raimann.
  - J. Rondelet afirmaba que la época de corta no tenía ninguna influencia sobre las características de la madera, pero estaba más a favor de la tala invernal.
- **1870:** Perfeccionamiento de las colas de caseína resistentes al agua, por parte de los norteamericanos. Con ellas comienza verdaderamente la carrera de la fabricación del contrachapado.
- **1872:** Bayer describe los productos de condensación.
- **1873:** Síntesis del acrilato de etilo y metilo por Carperly y Tollens.
- **1880:**
  - Síntesis del acrilato de metilo por Kahlbaum.
  - Primeras noticias de la fabricación del microcorcho en Dresde (Alemania).
- **1884:** Aparición de los primeros tableros contrachapados en Europa bajo la patente que Vitkouski solicitó en Londres ese año. La primera fábrica se establece en Reval (Rusia), hoy Tallin (capital de Estonia), por la firma inglesa Venesta Ltd.
- **1885:**

- Primeras experiencias con prensas de platos calientes en Alemania por parte de Harras.
- Comienza su andadura el corcho granulado en la comarca de la Selva (Gerona), con la fabricación del primer serrín o granulado dedicado a embalaje de frutas.
- **1887:** 1<sup>er</sup> intento de fabricación del tablero aglomerado de partículas por parte de Erns Hubbard, pero no fructificó.
- **1888:** Aparece en España la industria del tablero contrachapado en Valencia (hay autores que sitúan esta aparición en 1915.)
- **1890:** Primeras noticias de la fabricación del microcorcho en España en Fregenal de la Sierra (Badajoz).
- **1891:**
  - John T. Smith descubre el aglomerado expandido de corcho.
  - Es en 1891 aproximadamente, cuando Higgins patentó un adhesivo de dextrina y bórax. Pero las colas de almidón aparecen en el mercado hacia el año 1908.
- **1893:** Comienza la fabricación del contrachapado en Finlandia.
- **1896:** Se generaliza el sistema de desenrollo para la obtención de chapa para la fabricación de cajas de té.
- **1898:** Primer paso encaminado a la fabricación industrial de tableros de fibras para construcciones. Esto ocurre en Inglaterra por la empresa Sutherland, conocida más tarde por P.I.M. Board Company Ltd, que fabrica un “tablero de fibras duro”, prensado en caliente papel usado convertido en pasta.
- **1899:** Experiencias con prensas de platos calientes por parte de Lourié, encargadas por Rusia.
- **A finales de este siglo:**

- Aparecen las primeras patentes de adhesivos sintéticos.
- Estudios realizados a finales del XIX y durante todo el XX que la chapa aplicada a los tableros alistonados o a los aglomerados o a los de fibras, aumentaban considerablemente sus resistencias (sobre todo a flexión) y con ellos mejoraban su resistencia a la deformación estructural.
- Aglomerado expandido de corcho puro: proceso sin aglutinante usado desde finales del siglo XIX en EE.UU., donde comenzó su fabricación.

## **Siglo XX:**

### ▪ **Comienzos de siglo:**

- Se comienza a tener en cuenta el control de la temperatura de aire y el estado higrométrico en el secado artificial de las maderas.
- El despegue del contrachapado se produjo a comienzos de este siglo y gracias a rusos y alemanes.

### ▪ **1900-1940:** Período considerado como **Edad de la Madera de desarrollo.**

#### ▪ **1900:**

- Se construye la primera fábrica de contrachapado en Alemania.
- Comercialmente, los silicatos como adhesivo, comienzan su empleo hacia 1900.

#### ▪ Durante las **primeras décadas** se produce un aumento de las patentes referidas a adhesivos sintéticos, especialmente los de fenol-formaldehído y urea-formaldehído.

#### ▪ **1901:** Un inspector forestal francés llamado M. Gall da los primeros pasos en lo referente a la licuación de la madera.

#### ▪ **1903:** Lourié construye la primera fábrica de contrachapado de Austria.

#### ▪ **1903-1910:** Gran desarrollo del corcho en este período.

- **1905:** Comienza la fabricación industrial de contrachapado en el estado de Oregón para la fabricación de embalajes.
- **1906:**
  - Mecanización, en el estado de Oregón, del sistema de encolado.
  - En este año un carpintero suizo, llamado Otto Hetzer, retoma la investigación sobre la madera laminada y da casi el salto definitivo, al emplear colas de caseína en sustitución de las anteriores fijaciones metálicas.
- **1907:**
  - Leo H. Baekeland descubre la baquelita (resina de fenol-formaldehído, primera resina totalmente sintética).
  - En este año se inicia en EE.UU. la fabricación de las resinas de urea-formaldehído.
  - Se comienza a usar el término plástico.
  - Primera fábrica de contrachapado de Italia.
- **1909:** Comienza en Canadá la fabricación de tableros para la construcción a partir de madera en pasta. El tablero se conforma en molde y luego se seca al sol.
- **1910:**
  - Primera vez que se fabrica viruta apropiada para la fabricación de tableros aglomerados de partículas. Utilización de prensas de platos calientes con el mismo fin.
  - Comienza a fabricarse el tablero contrachapado en Finlandia.
  - A partir de este año el Código Internacional de Nomenclatura Botánica reconoce las 12 categorías taxonómicas por las que hoy nos regimos:

*reino, división, clase, orden, familia, tribu, género, sección, serie, especie, variedad, forma.*

- **1910-1915:** Primeras pruebas en Suiza con madera laminada encolada.
- **1910-1920:**
  - Las colas de caseína empezaron a emplearse comercialmente hacia 1910-1920 y reforzadas con funguicidas, en la fabricación de madera laminada.
  - La producción de contrachapado adquiere gran importancia en los EE.UU., especialmente en Washington.
- **1911:**
  - La baquelita es registrada con el nombre de Bakelite™, derivado del nombre de su descubridor: Leo Baekeland.
  - Las resinas fenólicas son las primeras resinas sintéticas producidas industrialmente.
- **1913:**
  - Introducción del secado en cámara para la hoja de chapa.
  - Comienzo de la fabricación del aglomerado de corcho con aglutinante o corcho de composición.
- **1914-1918:** El salto del contrachapado a los comercios internacionales se produjo durante la 1ª Guerra Mundial dada la gran necesidad que había de madera para la aviación.
- **1915-1918:** Comienzo de la industria del tablero contrachapado en Finlandia.
- **1917-1918:** Fabricación de la lana de corcho.
- **1920:**



- Desde los años 20 la casa Hetzer de Weimar fabricaba las estructuras de madera laminada con colas de caseína.
- Hacia 1920 la firma finlandesa FinnForest inicia la fabricación de contrachapados especiales. La fábrica estaba situada en Lahti.
- **1922:**
  - Para L. Hufnagl la época de corta tiene muy poca influencia sobre la calidad de la madera.
  - Horatio Masson patentara un tablero de fibras denominado "Masonite".
- **1923:** Se sabe de la existencia de las colas de proteína de soja desde este año en los estados del Oeste de los EE.UU.
- **1924:**
  - Herman y Haechnel preparan por vez primera el alcohol polivinílico.
  - La fábrica La Aeronáutica fabricaba tableros de abedul de 7 mm (y con siete chapas) para la industria aeronáutica.
- **1926-1927:**
  - Se desarrollan ampliamente las colas de semillas de soja al ser utilizadas en el encolado de abeto Douglas, en la construcción de contrachapados.
  - Cualitativamente hablando, es en este período cuando despegó el tablero contrachapado con la utilización de las colas de soja en la industria aeronáutica. Es importante porque, junto con las de caseína sustituyen por completo a las colas animales.
- **1927:**
  - Comienza en Alemania, con Röhm & Haas, la producción industrial de acrilatos.

- Comienzan en Europa los intentos por fabricar tableros de placas duras disminuyendo o eliminado el aglutinante.
- Entre **1930-1940:** Con el desarrollo de nuevos adhesivos de gran estabilidad fisico-química y resistentes a la humedad, sistemas de encolado mejores y maquinaria apropiada, se mejoran las condiciones de exposición a la intemperie, y las estructuras fabricadas con madera laminada pueden utilizarse en ambientes exteriores e interiores húmedos.
- Entre **1930-1950:** Gran desarrollo de los adhesivos orgánicos sintéticos.
- Durante la década de **1930:**
  - Aparecen los primeros polímeros termoplásticos (poliacrílicos y polivinílicos).
  - Se emplean por primera vez adhesivos de urea y adhesivos de fenol-formaldehído en la fabricación de tableros por la Portland Manufacturing Company de EE.UU.
  - Época fundamental en el uso de resinas sintéticas en el campo de la restauración.
  - En esta década también se desarrollan las resinas alquídicas.
  - Comienza la fabricación del tablero de fibras en Finlandia.
  - Comienza la fabricación de los tableros de fibras duros.
- **1930:**
  - Se desarrolla el tablero de fibras duro.
  - Utilización del tablero laminado en el tenis: empezaron a desarrollarse las técnicas de laminado en 1930.
- **1932:**
  - Aparición del poliestireno.

- A. Herrmann, con W. RUC y W. Bäck probaron con sus experiencias la relación de grosores que debía haber en los tableros de alma enlistonada (alma / chapas de cara) para que la deformación por humedad fuera mínima.
- **1933:**
  - Copolimerización de acrilatos con el metacrilato de etilo.
  - En este año comienza su andadura, en Suecia, una de las firmas más importantes del sector: Defibrator. En efecto, en ese año Arne Asplund, fundador de Defibrator, construye su primer Defibrator™.
- **1935:**
  - Comienzan a emplearse las resinas sintéticas para el encolado de maderas. La primera de ellas se trataba de una resina fenólica importada de Alemania, que después acabó fabricándose en EE.UU.
  - (Baquelización y compresión) Se realizaron experiencias con resinas fenólicas, viendo que se reducía la admisión de agua en un 80-85%. Se preparaba esta madera con chapas finas de haya o abedul impregnadas en resinas de fenol-formaldehído que, después de secas, se sometían a grandes presiones con calor suficiente para volver a fluidificar las resinas de nuevo.
  - Desde este año a los cauchos sintéticos se les ha denominado elastómeros.
  - Se obtenían una especie de aglomerados de serrín seco con dextrina (10%), prensándolos posteriormente en unos moldes. Esto sucedía en Wilmintong (California). No eran todavía lo que conocemos como tableros aglomerados.
- **1936:**
  - Se inicia la utilización del metacrilato de metilo para fabricar vidrio orgánico.

- Registro de la primera patente de fabricación de tablero de partículas aglutinados con resinas sintéticas, por parte de Phol.
- Italia sustituye con chopo al ocumé y al abedul, que viene utilizando para sus contrachapados por las dificultades de abastecimiento de estas especies.
- **1937:**
  - Exposición Universal de París: Construcción del primer tablero contrachapado ondulado.
  - Comienza a fabricarse los primeros tableros de placas duras (sin aglomerantes).
  - Carleton Ellis patentó la resina de poliéster.
  - Primera experiencia de Valmet con fibras no leñosas.
- **1938:** Wallace Carothers descubre las resinas poliamídicas (nilón) y síntesis del neopreno (policloropreno).
- **Hasta 1939:** El alerce del Canadá se conoce también como pino Oregón y hasta 1939 gozaron de mucha fama los contraplacados de Oregón de 4-12 mm.
- **1939:** Fabricación industrial del alcohol polivinílico en EE.UU. Aparición del polietileno en Inglaterra.
- ***Años antes del comienzo de la II Guerra Mundial:***
  - Comenzó la experimentación del secado por alta frecuencia en Alemania.
  - Comenzaron los experimentos en Europa y Norteamérica para la fabricación del tablero aglomerado.
- ***Durante la II Guerra Mundial:***

- Las chapas de rotación de caoba de 1/64" (0,4 mm) de grosor se emplearon en la manufactura de cubiertas de alas de avión.
- LVL (Laminated Veneer Lumber): Comienza su andadura como otros productos derivados de la madera, en el campo aeronáutico.
- Fabricación de un producto, denominado VENDURA, que se obtiene por la combinación de contrachapado con un refuerzo de aluminio.
- Desde **1940**:
  - Cambio de mentalidad en cuanto a las uniones estructurales en la industria aeronáutica con el paso del término pegamento (cualquier sustancia que sirve o se emplea para pegar) al de adhesivo (adherente o aglutinante: capaz de pegarse o que se pega).
  - Comienza la utilización de resinas sintéticas en la fabricación de barnices.
  - A partir de este año, y hasta la actualidad, se considera a este periodo como Edad de la Madera de pequeñas dimensiones y residuos.
  - Comienza la fabricación de tableros de madera aglomerada en Europa.
  - En Alemania W. Fischer, Kollman y Piert estudiaron los fundamentos del secado de la madera por medio de diversos métodos.
  - Año 1940, en plena Guerra Mundial, empezó la producción comercial de las resinas de melamina.
  - Se le fueron incorporando productos novedosos a los paneles estratificados de esta época. Dichos productos comenzaron su andadura al final de la década de 1940, nos referimos a los paneles HOLOPLAST, WAREITE, y la famosísima FORMICA.
  - Aparición del tablero "Bakerply". Era un tablero de tipo celular, compuesto por dos caras de tablero contrachapado de tres hojas

delgadas, y un alma compuesta de costillas curvadas, encoladas con resinas de fenol y de urea-formaldehído. Fue usado en aeronáutica.

- A las tiras de cartón formando celdillas hexagonales y utilizadas en la fabricación de tableros se les dio la denominación de paneles “sandwich” en los años 40 y fueron empleados en la construcción de aviones de alta velocidad.
- Se utiliza la fibra de vidrio para recubrir tableros.

▪ **1940:**

- Los avances tecnológicos hacen que se desarrollen las llamadas maderas mejoradas. Se construyeron aviones de madera como los célebres Fockers, y por la década de 1940, se comenzaron a utilizar maderas mejoradas, sistema utilizado para ciertos elementos de los tetramotores “Albatros” y bimotores “Mosquito” (de Havilland), avionetas “Timm”, recubrimientos de ala por el procedimiento PLYWELD (Fletcher), etc.
- En los años 40: Se inventó un producto muy interesante consistente en madera chapada en tubos. Se fabricaba partiendo de una sola lámina grande de madera chapada, enrollada varias veces en torno a un cilindro.
- E. Ruska y H. Mahl inventan el microscopio electrónico.

- **1941-1942:** Se comercializa el poliéster insaturado.

▪ **1941:**

- Puesta en marcha en Bremen (Alemania) de la primera línea de fabricación de tablero de partículas, (empleaba resinas fenólicas).
- El Instituto Fred Fahrni patentó en Zurich el proceso de tres capas en la fabricación del tablero de partículas.

- La Finger-Jointing, ya conocida en 1941 en EE.UU., fue introducida en Europa en el catálogo de un fabricante francés en 1947.
- **1942:**
  - Se diseña maquinaria para la obtención de viruta de los troncos.
  - En España se emplearon las colas de caseína hasta 1942 aunque en algunos casos siguió usándose hasta los años 80.
- **1943:** Comienza la aplicación en la madera de las resinas de fenol-resorcinol.
- **1945:** Se lanza al mercado, en Suiza, el primer tablero de madera aglomerada de tres capas.
- **1946:**
  - Se experimenta y construye el primer tablero de componentes estratificados huecos destinado a la fabricación de un ala. El tablero tenía un alma alveolar de papel.
  - Fahrni lanza en 1946 el famosísimo tablero NOVOPAN.
  - En este mismo año Klauditz y Mitarbeiter sientan las bases del desarrollo tecnológico de la producción del tablero de partículas, tal y como hoy lo conocemos.
  - Se instala en Valladolid la primera línea de fabricación de tablero de fibras de España, por Tafisa.
- **1947:**
  - Empieza a funcionar en Bélgica la primera fábrica que emplea lino para fabricar tableros y luego otras que utilizan la paja también del lino.
  - En España, seguíamos obteniendo de la Guinea Española la madera para nuestros contrachapados.

- **1947-1949:** Investigaciones en Alemania conducen al desarrollo del procedimiento por extrusión para la elaboración de los tableros de partículas.
- **1948:**
  - En el mes de octubre se inaugura, en Londres, una exposición de Productos de Madera Artificial, organizada por el Consejo de Diseños Industriales en la Sala de Exposiciones de Murray House.
  - Época más importante de fabricación de poliéster insaturado.
  - El Forest Products Laboratory de Madison, estudió el empleo de los paneles sándwich en la construcción de casas económicas, pero resistentes.
  - La primera experiencia con la paja como material usado en la construcción de tableros se llevó a cabo a finales de los años 40, presentándose en la exposición llevada a cabo en Londres por el Consejo de Diseño Industrial, en Octubre de 1948.
- **1949:**
  - Fabricius indica que las diferencias que aparecen entre la madera apeada en verano y en invierno hay que atribuir las a su manipulación en el mercado e industria.
  - WAFERBOARD: Invento del Dr. James Clark.
- A **finales** de la **década de 1940** comienza la comercialización del poliacetato de vinilo.
- **Década de 1950:**
  - Hasta los años 50 los tableros empleados para la fabricación de puertas<sup>979</sup> seguían el sistema de marco-plafón. A mediados de los 50 todo esto cambia por el gran desarrollo de tableros como el contrachapado.

---

<sup>979</sup> “Las puertas se enfadan con el viento”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 201).



- La marca “Record” España era un producto protegido por patentes y procedimientos de la Schweppenstedde & Feverborn K.G. de Alemania, que fue introducida en España por la empresa “Pemsa” y tiene una base parecida al tablero de alma de cartón o papel alveolar
- En los años 50, en países como México, se llegaron a emplear hasta mezclas de 36 especies semitropicales y tropicales para fabricar tableros duros.
- El papiro se empleaba, a mediados de los 50, para fabricar tableros de fibras en fábricas de África oriental e Israel.
- Muy populares en Europa las colas de albúmina de sangre.
- Balsa, Palomero, Ceiba y Chopo fueron especies muy usadas a mediados del siglo XX en la aeronáutica, por la poca densidad y buena resistencia.
- Dos productos fruto de la combinación de madera-metal: El metal ligado y el Plymetal.
- Patente norteamericana llamada flexwood (o madera flexible).
- **1950:**
  - Aparición de los tableros de tiras dentadas “Refort”, (recién patentado.)
  - Comienza a difundirse en estos años el tablero aglomerado (en el campo de la construcción, sobre todo y en carpintería.)
  - Comienza la fabricación del tablero aglomerado de partículas en Finlandia.
  - A partir de este año se utiliza la resina de poliéster para hacer vaciados, inclusiones y en el terreno artístico.
  - Las chapas de desenrollo central solían tener grosores que iban de 1/64” (0,4 mm) a 1/4” (6,35 mm).

- En EE.UU., durante estos años la mitad de la chapa obtenida era de copalme (castaño satén). Ralph Mayer menciona a menudo las buenas propiedades de los contrachapados fabricados con esta madera.
- El tablero con corazón de entramado de listones tuvo su reflejo en la construcción de una serie de puertas muy comunes desde los años 50 y que pertenecían a las patentes españolas: “Marga”, “Lantero”, “Rillex”, etc.
- Desarrollo del LVL.
- En Texas, Armin El Mendorf crea un tablero parecido al aglomerado con virutas de gran longitud, encoladas con resinas fenólicas y con la fibra cruzada (primer intento de crear el OSB).
- A partir de 1950 se empezaron a introducir programas de repoblación en Canadá.
- **1951:**
  - Secado de la madera por infrarrojos: sistema artificial propugnado por G Guidi en Tecnología del legno, Firenze, 1951.
  - En España (en Valladolid) comienza la producción de los primeros tableros de fibras por la firma “Tableros de fibras, S.A. (TAFISA)”.
- A **mediados** de la década de **1950:**
  - Se desarrollan a escala industrial los adhesivos epoxi.
  - Las dispersiones de polimetacrilatos adquieren importancia en la restauración de soportes celulósicos y pinturas murales.
- **1952:** Las puertas planas comenzaron su andadura en nuestro país, en Santander.
- **1952-1953:** Perfeccionamiento de los métodos de obtención de cortes finos para macroscopía electrónica por parte de G.E. Palade, K.R. Porter y F. Sjöstrand.

▪ **1954:**

- Se instala en Ferrol la primera fábrica de Galicia.
- Este año comienza la producción la primera fábrica en España de tablero aglomerado (en Vilarrasa, Valencia), con patente Novopan.
- El procedimiento “Defibrator” era usado en España, en los comienzos, hacia 1954, para fabricar el tablero, hoy tan conocido, llamado “tablex”.

▪ **1955:**

- Escasez de roble en Gran Bretaña. La madera de ramín es la que se beneficia con las importaciones.
- Hacia 1955 había fábricas muy importantes de tableros alistonados en la antigua Yugoslavia, Checoslovaquia y Alemania.

- **1956:** En Francia, se obtuvo una patente que conseguía el envejecimiento artificial y petrificación de la madera por medio de una eliminación de la savia (por medio de presión) y posterior impregnación con cemento magnesiado.

- **1956-1957:** Tiene lugar la gran revolución de la industria de la madera al dejar de ser una industria familiar y convertirse en algo gigantesco y anónimo.

▪ **1957:**

- Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros y Tableros de Madera Aglomerada celebrada bajo los auspicios de la FAO y la Comisión Económica para Europa, celebrada en Ginebra del 21 de enero al 4 de febrero. Se reunieron 330 expertos de 37 países, entre los que destacan por sus especiales aportaciones: A. Asplund y W. Klauditz.
- En esta Conferencia de Ginebra se le asignó (al tablero aglomerado) el nombre con el que pasaría a la historia.

- La firma inglesa Graefe Ltd. Crea un producto denominado “Embossly” que consistía en un tablero carpintero recubierto por una sola cara con una chapa de alta calidad de maderas como el sicómoro o la caoba de Honduras y que era utilizado para el revestimiento de paredes y techos.
- En España el primer arco (de construcción) realizado con madera laminada (chopo y plátano) se presentó en la Feria Internacional de Muestras de Valencia este año.

▪ **1959:**

- Se edita en Roma el informe de la Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros y Tableros de Madera Aglomerada de 1957.
- En 1959 aparece el tablero de fibras de densidad media (MDF).

▪ **Años 60:**

- Surgen en esos años otras patentes, para el tablero aglomerado, como Behr, Vowinkel, Schenk, etc.
- OSB: Producto inventado en estos años por la colaboración de Arne Petersen con Mac Millan Bloedel. Comercializaron el primer Waferboard de Canadá (en Hudson’s Bay Saskatchewan) y en 1975 realizan infinidad de experimentos en el Precision Service & Engineering que les llevan al descubrimiento del OSB.

▪ **1961-1961:** Comienza la producción comercial del Waferboard.

▪ **1965:** Comienzan Finsa y dos años más tarde Ecar, a fabricar tableros aglomerados.

▪ **1966:** Se producen industrialmente, por primera vez, en Nueva York, los tableros de fibras de densidad media(MDF), por la firma Deposit.

▪ **1969:**

- La industria del tablero contrachapado español se moderniza con la sustitución casi total de las colas de caseína por las de urea-formaldehído.
- Las fenólicas no terminan de encajar todavía (en nuestro país) en estos tiempos.
- **1970:** A partir de este año comienza a utilizarse el LVL en la construcción.
- **En la década de 1970:**
  - Las trozas que iban a ser desenrolladas para chapa solían ser de diámetros mayores: alrededor de 1,5 m.
  - Secado por bomba de calor: Ya se usó en los años 70 y consiste en reutilizar el calor producido en la vaporización para secar la madera.
  - Presencia ya meramente testimonial del tablero estriado en algunas fábricas de muebles. Hasta esta fecha se utilizó bastante.
  - La A.P.A. (American Plywood Association) cooperó con los principales fabricantes de paneles de estuco y realizaron pruebas acústicas con una combinación de Paneles contrachapados y Paneles de estuco.
  - Desde los años 70, se ha producido una rápida disminución en los residuos contaminantes de la industria forestal.
- **1973:** Se instala por primera vez en Europa una planta de fabricación de MDF. Esto ocurrió en Damgarten (Alemania).
- **1974:** Madera estabilizada térmicamente: Los alemanes lo intentaron con vapor en los años 1974 y en 1983.
- **1976:** Intamasa instala en España la primera planta de tableros MDF.
- **1977:** Bostik (adhesivo de cloropreno que fue novedad en Construmat 77).

▪ **1981:**

- FinnForest produce desde 1981 el KERTO®.
- Comercialización del OSB.

- **1984:** En 1984, Sunds Defibrator abrió camino en el diseño planifica y pone en marcha los primeros MDF basados en **bagazo** en Tailandia. Otro "proyecto pionero" era la entrega a India de una línea para procesar fibras de los tallos de algodón.

▪ **1986:**

- Dow Chemical Iberica, S.A. informa al mercado sobre lo que ellos denominaron “una nueva solución constructiva para cubiertas inclinadas”: hablamos del **Styrofoam**®: formado por un panel tipo sandwich cuyas caras pueden estar realizadas con productos derivados de la madera y el alma del panel estaba realizada con espuma rígida de poliestireno extrusionado.
  - En Canadá, una empresa privada (Renova Manufacturing. Co. Ltd., de Ottawa) junto con el servicio Forestal Canadiense y el Consejo Nacional de Investigación, desarrollaron un proceso de impregnación y compresión con el fin de aprovechar madera como el chopo, el aliso y el álamo que densificándolas lleguen a tener durezas parecidas al nogal, ébano, roble, etc.
  - El PSL se presentó en la Exposición Mundial de Vancouver 86 y es un producto desarrollado por la firma canadiense MacMillan Bloedel Ltd. y está patentado con el nombre comercial de “Parallam”.
  - LSL (Laminated Strand Lumber): Aparece a mediados de los años 80 en la costa oeste de EE.UU.
- **1987:** Canadá fue uno de los primeros países del mundo en suscribir la idea del desarrollo sostenido, siguiendo el programa del informe de Brundtland en Naciones Unidas en 1.987.

▪ **1988:**

- La firma Mem comercializó en este año, en España, su detector de metales “Totalscan”, que localizaba todo tipo de metales ocultos: ferrosos y no ferrosos, metralla, etc.
- Secado solar: Hacia 1988, se construyó un horno para secado de madera que aprovecha la energía solar para caldear el interior. Se construyó en Gran Bretaña con el nombre de horno solar Nomad.
- Se crea una fábrica (Best Boards Ltd.) en Moradabad, Estado de Uttar Pradesh, India, que produce tableros M.D.F. utilizando el bagazo de la caña de azúcar como materia prima.
- En 1988 la Organización de Investigación Industrial (CSIRO) consiguió un nuevo adhesivo fenólico aplicable a los contrachapados, con el fin de poder utilizar especies hasta el momento no utilizables. Lo comercializará la firma Monsanto Australia Ltd.
- Desde 1988 el CTBA de Francia y la Escuela Superior de Minas de St-Etienne están desarrollando un proyecto basado en el calor para poder reducir el “juego” de la madera.

▪ **1989:**

- Tafisa lanza al mercado el tablero español de fibras DUOLITE, fabricado con tecnología de vanguardia del momento: una prensa continua (calandria de 5 m de Ø y 2,44 m de ancho). Este producto tiene las dos caras lisas.
- En Maderalia 89 se presenta el primer tablero contrachapado ignífugo fabricado en nuestro país, por la firma Tableros Folgado S.A.. El tablero se denominó “LA ABEJA” y estaba clasificado como M-1 (máximo grado de resistencia).
- Tableros formados por tablas de sección trapezoidal: Paneles Wisa-Wood lanzados este año por la Kymmene Corporation de Finlandia.

▪ **Década de 1990:**

- Países muy avanzados tecnológicamente (Finlandia, Canadá, USA) elaboran complejos programas informáticos encaminados a mejorar el rendimiento de sus aserraderos. Utilizan el sistema GPS (Global Positioning System) para determinar las zonas a actuar, o localización de determinados sectores.
- Forintek utiliza la llamada por ellos “tecnología de la incisión” para solventar el problema de los bufidos en las chapas. Consiste en realizar gran cantidad de incisiones en las chapas para hacerlas más permeables a los gases y a los líquidos.
- Tablero contrachapado curvado en forma de poste: Elaborado por Instituto Nacional de Investigación y desarrollo de Productos de la Madera de Canadá (Forintek).
- Comienza el uso del corte de la madera por láser.
- Forintek termina los trabajos conducentes a la obtención de adhesivos de la lignina para su aplicación en los tableros OSB y Waferboard.

- **1992:** La finalidad del desarrollo sostenible fue formulada en la Conferencia Internacional de Naciones Unidas en Río de Janeiro en 1992.

▪ **1993:**

- Se contabilizan unos 432 aserraderos en las provincias gallegas.
- El Forest Products Laboratory de Finlandia (FPL) realizó numerosos estudios tomando como base tratamientos con calor.

- **1994:** La empresa RWS-ENGINEERING OY, de Finlandia proporcionaba, también, los tableros formados por tablas de sección trapezoidal: Paneles Wisa-Wood.

▪ **1995:**



- Philippe Stark fabricó la carcasa para un televisor de la marca Saba con serrín y harina de madera aglutinados con un adhesivo libre de formaldehído y moldeado a presión.
- Otro composite pero de fabricación española es el *Maderón*, que se obtiene de cáscaras de frutos secos, principalmente de almendra, convertidas en polvo y aglutinadas igualmente con resinas sintéticas.
- **1996:**
  - Desenrolladoras de chapa de última generación como la desenrolladora de la firma Raute, en Pello (Finlandia), desenrollaban 380 metros de chapa por minuto (es decir, una troza cada 8 segundos o transforma 7 trozas en chapa desenrollada cada minuto.)
  - En la actualidad las trozas son de diámetros menores por la explotación sufrida en los bosques, pero también ha mejorado la maquinaria y permite diámetros de 20 a 80 cm. Se pueden desenrollar troncos de 5,20 m de longitud con las máquinas actuales.
  - La madera laminada reforzada aparece en 1996 en EE.UU., como un producto elaborado conjuntamente entre el Wood Science and Technology Institute, Ltd. WSTI y la Universidad de Oregón.
  - Ecco-Wood proponía comprar nogales negros (*Juglans nigra*) como garantía de ahorro en planes de inversión forestal para la jubilación.
- **1997:**
  - Puertas VISEL: el bastidor está formado por una sola pieza de tablero de partículas.
  - En la Feria de la Madera Batimat, celebrada en París en noviembre, se presentó un producto denominado MEG, un panel constituido por un alma de fibras celulósicas impregnadas en resinas termoendurecibles y por caras de fibras celulósicas impregnadas en resinas melamínicas.

- **1998:** Nace Stora Enso nació al fusionarse las empresas Stora y Enso. Es uno de los grupos forestales más importantes a nivel mundial (madera aserrada, papel y pasta). En relación con la capacidad de producción de la madera aserrada es el tercer grupo a escala mundial después de los americanos Weyerhaeuser + McMillan Bloedel e International Paper + Champion. A escala europeo es el primer grupo.
- **1999:**
  - Año importante en la industria de tableros tanto de partículas como de fibras. Completar información con esos capítulos.
  - Metso Panelboard se fusiona con Rauma para crear una nueva compañía llamada Metso. Valmet Panelboard pasa a llamarse Metso Panelboard.
- **2000:**
  - Los últimos modelos de prensas para tableros de fibras, como la Küster™ Press, tienen una longitud de 27 m y de 38 m.
  - En el año 2000 Valmet Panelboard y Sorm/PrimeBoard unen sus fuerzas para desarrollar tableros a partir de paja, de manera comercial, produciendo tableros resistentes a la humedad.
  - La firma alemana Bakelite del grupo Rütgers desarrolla unas resinas fenólicas nuevas (HW y HL) para su aplicación en frío y caliente.
  - En España, las fábricas de tableros alistados se sitúan en el Cantábrico.
  - En la Feria Xylexpo 2000 se presentaron dos empresas dedicadas al corte por láser: *Sei* y *Cutlite Penta*.
  - Sistemas de corte de madera con agua presurizada a 3500 bar.
  - Madera encolada y comprimida: surge otro producto que utiliza la alta presión: el **Tablero de Aptero**. es un tablero derivado de la madera

fabricado con madera de abeto de Finlandia: se realiza encolando capas de tres milímetros de abeto en el sentido longitudinal bajo alta presión.

- Valmet Panelboard (Suecia) y Sorn/PrimeBoard (North Dakota-EE.UU.) se unen para desarrollar tableros a partir de paja.
- Madera estabilizada térmicamente: se empleó este tratamiento con madera de fresno en el suelo de la Ópera de Lyon.
- La empresa Bakelite lanza adhesivos basados en taninos, como materia prima renovable, para los tableros OSB 4.
- LSL: En España lo presentó Carsal a principios de 2000.

## **SIGLO XXI:**

- **2001:**
  - El Dr. Robert Evans, investigador australiano, descubre una herramienta para determinar las propiedades de las fibras de la madera. Se trata del SilviScan, una herramienta que mide las propiedades de las fibras hasta 1000 veces más rápido que con los métodos anteriores.
  - Lo último en líneas de ensamble para finger-joint, de Grecon Dimter, es la nueva HS 120 presentada en la Feria Ligna 2001.
  - La firma StoraEnso Timber inició en agosto de 2001 la producción de madera termotratada en el aserradero que posee en Kotka.
  - Madera termotratada: Feria Ligna 2001 (Hannover) por la empresa Scholz por medio del tratamiento Menz Holz, con calor y aceite vegetal puro.
  - En la feria Interzum 2001 (Alemania), se presentó un material de extrusión formado por fibras de madera y aglutinantes plásticos. El material denominado Fiberex® Holzextrusion de Cincinatti Extrusion GmbH.

- El 1 de enero de ese año entró el nuevo sistema de las euroclases sobre reacción al fuego en Europa: “Sistema de ensayo armonizado” SBI (Single Burning Item), pero convivirá con el sistema anterior hasta 2004.
- **2002:**
  - En este año, se establecen nuevas fábricas de LVL en Rusia utilizando *Pinus silvestris* para su elaboración.
  - LSL: Comienza su fabricación en España a principios de 2002 por la empresa Tabsal Composites de Madera, S.A. Lo desarrolla con el nombre de *Lignum Strand*.
  - El consumo de madera, en el mundo, llega a los 3.400 millones de m<sup>3</sup>.

## 7 EL TABLERO DE MADERA: PARTE INTEGRANTE DEL SOPORTE ARTÍSTICO.

Junto con bastidores y demás refuerzos son los elementos por excelencia de nuestros soportes.

### 7.1 TABLEROS. GENERALIDADES.

Otras denominaciones: **Wood-base-boards<sup>980</sup> and panels<sup>981</sup>**.

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE-EN 310:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación del módulo de elasticidad en flexión y de la resistencia a la flexión.*
- UNE-EN 322:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación del contenido de humedad.*
- UNE-EN 323:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación de la densidad.*
- UNE-EN 324-1:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación de las dimensiones de los tableros. Parte 1: Determinación del espesor, anchura y longitud.*
- UNE-EN 324-2:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación de las dimensiones de los tableros. Parte 2: Determinación de la escuadría y rectitud de canto.*
- UNE-EN 325:1994. *Tableros derivados de la madera. Determinación de las dimensiones de las probetas.*
- UNE-EN 326-1:1995. *Tableros derivados de la madera. Muestreo, corte e inspección. Parte 1: Muestreo y corte de las probetas y expresión de los resultados de ensayo.*
- UNE-EN 326-3:1999. *Tableros derivados de la madera. Muestreo, corte e inspección. Parte 3: Inspección de un lote de tableros.*
- UNE-ENV 717-1:1999. *Tableros derivados de la madera. Determinación de la emisión de formaldehído. Parte 1: Emisión de formaldehído por el método de la cámara.*
- UNE-EN 717-2:1995. *Tableros derivados de la madera. Determinación de la emisión de formaldehído. Parte 2: Emisión de formaldehído por el método de análisis de gas.*
- UNE-EN 717-3:1996. *Tableros derivados de la madera. Determinación de la emisión de formaldehído. Parte 3: Determinación de la emisión de formaldehído por el método del frasco.*
- UNE-EN 789:1996.<sup>982</sup> *Estructuras de madera. Métodos de ensayo. Determinación de las propiedades mecánicas de los tableros derivados de la madera para uso estructural.*

---

<sup>980</sup> Se refiere a los tableros derivados de la madera. También reciben el nombre de tableros artificiales o tablas artificiales o tablas de composición artificial y tableros compuestos.

<sup>981</sup> Referido a los tableros de madera natural o maciza.

<sup>982</sup> Norma muy importante que nos muestra, los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de estos tableros y, entre otras cosas, las zonas dentro de los tableros, las formas, los tamaños y la orientación de las probetas que se van a ensayar.

- UNE-EN 1058:1996. *Tableros derivados de la madera. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y de la densidad.*
- UNE-ENV 1099:1998. *Tableros contrachapados. Durabilidad biológica. Guía para la evaluación de tableros contrachapados para su utilización en las diferentes clases de riesgo.*
- UNE-ENV 1156:1999. *Tableros derivados de la madera. Determinación de los factores de duración de la carga y de fluencia.*
- UNE 56303: 1999 EX<sup>983</sup>. *Tableros derivados de la madera. Valores característicos para el cálculo estructural.*
- UNE 56700: 1992. *Tableros de madera. Definiciones y clasificación.*
- UNE 56703: 1992. *Tableros de madera contrachapados. Definición y terminología.*
- UNE 56704: 1992. *Tableros de madera contrachapados. Clasificación por sus caras.*
- UNE 56707 1992. *Tableros de partículas. Definiciones y clasificación.*
- UNE 56719 1992. *Tableros de fibras de densidad media. Características.*
- UNE 56733 1992. *Tableros de fibras duros. Definiciones.*

### 7.1.1 Conceptos.

Las normas UNE definen al tablero de madera de la siguiente manera:

Se entiende por tablero, aquella pieza en que predominan dos dimensiones, longitud y anchura, sobre la tercera, el grosor y en la que el elemento constitutivo principal es madera de medidas variables, o elementos estructurales de la misma<sup>984</sup>.

Asimismo podemos considerarlo como «el componente elemental estructural superficial»<sup>985</sup>. Este concepto es realmente importante para que nosotros podamos desarrollar nuestros soportes. Es la superficie sobre la que nosotros vamos a trabajar y que, además, realiza una función de arriostramiento, impidiendo la deformación del bastidor, refuerzo o estructura que utilicemos para rigidizarlo:

(...) En cualquier caso, el efecto obtenido es de rigidización de un conjunto de piezas en una tipología estructural de pieza suelta. La participación estructural dependerá de las características físico-mecánicas de cada tipo de tablero, aceptándose normalmente el contrachapado como el más adecuado para usos estructurales.<sup>986</sup>

<sup>983</sup> “EX” quiere decir experimental, esto es, Norma Española Experimental.

<sup>984</sup> Norma UNE 56700: 1992. *Tableros de madera. Definiciones y clasificación.*

<sup>985</sup> Emilio Miguel Mitre, “Los sistemas constructivos de la madera”, *Acomat*, nº 54, edita Acomat, Madrid, septiembre-octubre, 1988, pág. 13.

<sup>986</sup> Idem, pág. 14.

La madera<sup>987</sup> se ha venido utilizando desde el despertar de los tiempos, por ser uno de los materiales que el hombre tiene más a su alcance. Ha estado presente en todas las culturas por su maniobrabilidad, ligereza y sencillez de elaboración. Se trataba de un material con excelente propiedades físico-mecánicas que podía ser utilizado casi de inmediato sin excesivas transformaciones: Como leña, como arma, como elemento constructivo, como utensilio de uso cotidiano, etc. y *sin necesitar utillaje complicado* (en las modernas sociedades desarrolladas actuales esto ha cambiado notablemente).

Conforme surgen las necesidades, surgen los adelantos técnicos. El hombre se especializa, progresa más, y con ello necesita utensilios y materiales más sofisticados.

El hombre aprovecha lo que tiene a su alrededor y se especializa, por lo general, en la utilización de las especies arbóreas que le son más afines:

El arte y la naturaleza de la madera, disciplinas tan dispares consideradas individualmente, unidas nos proporcionan interesante información sobre la vegetación forestal, la industria de la madera, las técnicas empleadas por los artistas en sus obras, etc., todo ello referido a un tiempo y lugar determinados.

Se han realizado estudios comparativos con numerosas tablas y soportes de pinturas de los siglos XII a XVI, de obras y de artistas de diferentes países; comprobándose que aquellos utilizaban maderas locales a las que tenían fácil acceso, buscando el material para su trabajo en un lugar próximo a donde habitaban, lo cual venía en gran parte determinado por el escaso comercio e intercambio existente en la época. Debido a que los artesanos y artistas de este período histórico dependían casi totalmente de los recursos que la naturaleza les ofrecía; la madera adquirirá, en este sentido, un valor fundamental como materia prima.

Existe una gran interrelación entre las especies de maderas utilizadas en las obras de arte y los materiales ligneos predominantes en una determinada época y región.

Los artistas, en el período considerado, no buscaban otras maderas; utilizaban casi exclusivamente las indígenas aunque éstas no fueran resistentes con una fuerte contracción que pudiesen provocar agrietamientos y alabeados en sus obras.

Todo esto se ha corroborado por los estudios anatómicos realizados en el Departamento de Maderas del INIA [Instituto Nacional de Investigación Agraria]<sup>988</sup>.

---

<sup>987</sup> (Etim. – Del Lat. Materia).

<sup>988</sup> M.R. Díez Barra et al., *Bases para un banco de datos sobre materiales ligneos, arqueológicos e históricos* en AA.VV., *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos

Con la apertura de nuevas vías de comunicación, que traen consigo la intensificación del comercio, se producen notables intercambios de mercancías, materias primas y materiales manufacturados, teniendo acceso así, a productos hasta entonces, o desconocidos, o inaccesibles a causa de su valor (debido a su rareza o escasez).

De todos modos lo que resulta verdaderamente importante es conocer el material, sentirlo y obtener de él toda la potencialidad técnica y estética que posee:

Frank Lloyd Wright definió la influencia la influencia decisiva que el material juega en la obra al decir: "Cada material tiene su poesía y es capaz de expresar su propio mensaje; sólo exige que se le emplee de acuerdo con sus posibilidades plásticas, técnicas y funcionales, para lo cual es preciso conocerlo, sentirlo y amarlo"<sup>989</sup>

Es evidente que la madera, en lo que a la pintura se refiere, ha tenido



Lucio Muñoz.  
El Suso, 10ª señal, 1989.  
Técnica mixta sobre tabla.

un papel preponderante sólo como soporte, ya que su uso ha estado limitado a ese cometido hasta el siglo XX en el que adquiere otro protagonismo, formando parte de la capa pictórica. Actualmente se sigue utilizando la madera tanto con fines técnicos como con fines estéticos, y a veces ambas cosas cuando la madera forma parte activa como soporte,

aparejo y capa pictórica a la vez, recordemos la obra de Lucio Muñoz, por ejemplo.

El soporte de madera ha estado presente en nuestra historia casi desde el comienzo. Aunque los retratos de Fayum (siglo III d. JC.) estén

---

presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, Madrid, marzo 1985, edita Mº de Cultura, pág. 95.

<sup>989</sup> Frank Lloyd Wright (citado por F. Cassinello, *op. cit.*, pág. 17).



considerados como las pinturas más antiguas sobre tabla,<sup>990</sup> es evidente que el hombre tuvo la madera al alcance de la mano desde el comienzo de su historia y nada le impedía que, lo mismo que pintaba sobre las paredes de las cuevas que habitaba, lo hiciera después sobre utensilios, paredes de madera, etc. dado que ha sido un material terriblemente común hasta la llegada de las resinas sintéticas.<sup>991</sup>

Ya en Grecia y Roma se importaban maderas como la de cidro (*citrus medica*), pero las más comunes eran haya, roble, tejo, arce, sauce, limonero, acebo, etc.

Con el correr de la historia los iconos bizantinos adquirieron un enorme protagonismo, aunque «la madera como soporte adquiere su máximo desarrollo durante la Edad Media, pasando de los frontales de altar a los retablos.»<sup>992</sup> Durante la Edad Media europea (románico) aparecen pinturas portátiles en tabla, frontales y retablos. Sillerías de roble, etc.

En el taller se van conociendo cada vez mejor los materiales, su comportamiento y los resultados finales que obtienen de ellos.

A partir de finales del Gótico y principios del Renacimiento, la preocupación por el soporte lleva a los talleres a emplearse a fondo en conocer las especies [de madera] con las que se trabaja, sus movimientos característicos, sistemas de uniones y refuerzos, etc. y a establecer una serie de especies más apreciadas como el tilo, haya, roble, olivo, aliso, fresno, sauce, castaño, ciprés y pino<sup>993</sup>.

Los italianos, aficionados a la madera de álamo negro o chopo lombardo (*Populus sp.*), realizaban sus soportes con tablas muy gruesas,

---

<sup>990</sup> Es sabido que en Egipto existían pocos bosques (tamarisco, acacias, algarrobos) y que se importaba prácticamente toda la madera, seguramente de países como Siria, pero también de Turquía (robles, encina y pinos como el *pinus rígida*), de India (teca), de África (ébano). Era común importar cedro, ciprés, fresno y boj. Debido a la escasez de madera se hizo común cubrir grandes zonas de los muebles con pequeñas placas de madera. Este procedimiento evitó que, por el calor diurno y las frías noches, los muebles se deformasen por estos bruscos cambios de temperatura (Hugh Johnson, op. cit., Págs. 94-98).

<sup>991</sup> La llegada de estos materiales trajo consigo la desaparición de objetos de todo tipo realizados tradicionalmente en madera, pero también trajeron la posibilidad de desarrollar otros materiales derivados de la madera que sin el concurso de las resinas sintéticas no hubieran podido realizarse.

<sup>992</sup> Ana Calvo Manuel, *La restauración de pintura sobre tabla*, pág. 58.

<sup>993</sup> Joaquín Martín Diéguez, *La madera y las artes plásticas* en AA. VV., *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, Madrid, marzo 1985, edita Mº de Cultura, pág. 51.

que en ocasiones rondaban los 10 cm de espesor. Otras especies usadas por ellos fueron el castaño (*Castanea sp.*), el pino (*Pinus sp.*), el roble (*Quercus sp.*), el nogal (*Juglans sp.*) y el olivo (*Olea sp.*)

Esto no ocurría en Holanda, Flandes y norte de Europa dado que preferían soportes más livianos, de entre 2 y 3 cm y realizados principalmente en madera de roble<sup>994</sup>. También en los Países Bajos se utilizan otras especies en menor cuantía como el tilo, el nogal, el abeto, el pino y la caoba, esta última de manera esporádica en algún artista.

En Inglaterra también se prefiere el roble dado que poseen inmensos bosques y es la madera empleada en la construcción de edificios y navíos.

Otra especie muy usada en Europa Central es el haya, que comparte protagonismo con el álamo (*Populus sp.*), el tilo (*tilia sp.*)<sup>995</sup> y las coníferas.

Las coníferas también son utilizadas en las zonas norte y sur de Alemania. Las más utilizadas son las de los géneros *Abies*, *Picea* y *Pinus*. También en Alemania se trabajó con especies como el roble, el tilo, el haya y en menor medida el álamo, el nogal, el alerce<sup>996</sup> y el castaño.

El género *Abies* fue también muy usado por artistas austriacos (Viena) y húngaros.

A partir de los siglos XVIII y XIX también utilizan la caoba proveniente de la colonización de África y América.<sup>997</sup> El uso de la **caoba** no se extendió demasiado dado su alto precio, pero su estabilidad, durabilidad y poco peso

---

<sup>994</sup> La especie utilizada en el norte de Europa durante los siglos XV y XVI se importaba de la zona del Báltico, pero después de la Segunda Guerra sueco-polaca (1655-60) se interrumpe el comercio y se comienza a usar el roble alemán y holandés. El *Descendimiento de la Cruz* de Rogier Van der Weyden, por ejemplo, está compuesto por once tableros de distintos tamaños, de madera de roble, de unos 2 cm de grosor y de corte radial (según lo dicho anteriormente podría tratarse perfectamente de roble polaco, especie que puede adquirirse aquí en Madrid, si se desea, en “Maderas Rado”).

<sup>995</sup> Especialmente en Bohemia.

<sup>996</sup> Esta especie junto con el pino y el abeto se usaron a partir del siglo XIV.

<sup>997</sup> La caoba americana fue traída de las colonias americanas a Europa por los españoles, a finales del XVI, pero no será hasta el XVIII cuando adquiere gran protagonismo. Rembrandt es uno de los artistas que utiliza distintas especies de frondosas tropicales, entre ellas la caoba. Parece ser que muchas de las piezas por él usadas procedían del mismo árbol.

La caoba africana se comercializa por primera vez hacia finales del siglo XIX con el fin de aumentar de esta manera las cantidades disponibles de la verdadera caoba americana.

la hicieron idónea como soporte. Actualmente en desuso en cuanto a fines pictóricos.

En España se utilizó principalmente pino y roble.

Resumiendo: las especies más utilizadas tradicionalmente en pintura sobre tabla han sido las siguientes:

- Gimnospermas. Coníferas:
  - ***Pinus sp.*** (*Pinaceae*). Pino silvestre.
  - ***Abies sp.*** (*Pinaceae*). Abeto.
  - ***Larix sp.*** (*Pinaceae*). Alerce.
  - ***Picea sp.*** (*Pinaceae*), Picea o falso abeto.
- Angiospermas. Frondosas:
  - ***Fraxinus sp.*** (*Olaceae*). Fresno europeo.
  - ***Ulmus sp.*** (*Ulmaceae*). Olmo europeo.
  - ***Fagus sp.*** (*Fagaceae*). Haya europea.
  - ***Populus sp.*** (*Salicaceae*). Chopo europeo.
  - ***Salix sp.*** (*Salicaceae*). Sauce.
  - ***Tilia sp.*** (*Tiliaceae*). Tilo europeo.
  - ***Prunus sp.*** (*Rosaceae*). Cerezo.
  - ***Acer sp.*** (*Acereceae*). Arce.
  - ***Juglans sp.*** (*Juglandaceae*). Nogal europeo.
  - ***Alnus sp.*** (*Betulaceae*). Aliso.
  - ***Quercus sp.*** (*Fagaceae*). Roble.
  - ***Castanea sp.*** (*Fagaceae*). Castaño.
  - ***Swietenia sp.*** (*Meliaceae*). Caoba americana, Caoba de Cuba.

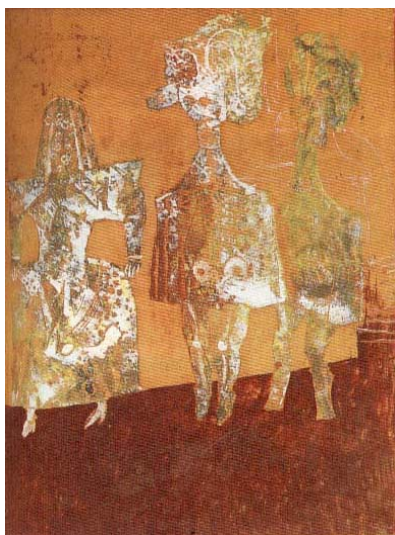
Otras especies útiles usadas para la fabricación de soportes:

- ***Betula alba L.*** (*Betulaceae*). Abedul.

- ***Triplochiton scleroxylon K. Schum.*** (Sterculiaceae). Obeche, Samba Ayous, Abachi o Abaqui, Alki.
- ***Ochroma lagopus Sw.*** (Bombacaceae). Balsa.
- ***Cedrus libani*** (Pináceas o abietáceas). Cedro del Líbano.
- ***Aucoumea Klaineana Pierre.*** (Burseraceae). Okume. Okoume. Gaboon.

Todas estas especies se ofrecen en forma de ficha para así facilitar su consulta ya que, a veces, encontramos informaciones extensas y muy enrevesadas. Dicha información se acompaña de fotografías de dichas especies vegetales, de la madera que ofrecen, y de microfotografías que muestran parte de la belleza de su estética y estructura internas, que

habitualmente quedan ocultas a nuestros ojos.



Frits van den Berghe.  
Le bau mariage I, 1928.  
Óleo sobre papel sobre madera.

El conocimiento de la problemática higroscópica de la madera y su comportamiento obligaba a intentar evitar, a toda costa, las deformaciones sufridas por ésta y que se transmitían al aparejo y a la capa pictórica. Esto hace que realmente los talleres se especialicen en estos menesteres y se obtengan resultados excelentes, que se evidencian por la cantidad de obras perfectamente conservadas, con antigüedades de casi quinientos años.<sup>998</sup>

La utilización de la madera como soporte se prolonga hasta su sustitución por la tela durante el Barroco, aunque no se abandonará de golpe y ambos soportes convivirán, y de hecho continúan haciéndolo, aunque con el predominio de la tela.<sup>999</sup>

### 7.1.2 El tablero de madera moderno.

Otras denominaciones: **El tablero industrial**<sup>1000</sup>. **Tablero artificial.**

<sup>998</sup> También perduran multitud de estructuras de madera que, aún después de quinientos años, siguen en perfecto estado – lógicamente descartando todas aquellas que presenten problemas relacionados con humedad, xilófagos, etc.

<sup>999</sup> Rembrandt será uno de los artistas que trabaje indistintamente con uno o con otro soporte aún cuando la tela ya se había instalado cómodamente en la sociedad barroca.

Esa especialización de los talleres de la que habíamos hablado conducirá, con el paso del tiempo, a un intento por redescubrir y dominar el material de tal suerte que se controlen o amortigüen los movimientos que le son propios y que propician deformaciones de índole estructural:

(...) Aunque inicialmente el tablero puede considerarse una evolución del madero por adición, la sofisticación alcanzada en la actualidad en el mundo de los tableros hace que constituyan un mundo separado del de los mismos maderos hasta el punto de que tal vez otra denominación del tipo de planchas o paneles podría resultar tal vez más satisfactoria para todos aquellos tableros que no están formados por un conjunto de tablas.<sup>1001</sup>

La madera sigue siendo uno de los materiales más utilizados actualmente, lo único que ha cambiado con respecto a otros tiempos, son los campos de aplicación, que hacen que se busquen nuevas posibilidades. A pesar de utilizarse mucho, en ciertas actividades se le sigue teniendo un miedo irracional, me refiero a su utilización en la construcción y como soporte de obras artísticas por ejemplo<sup>1002</sup>. El arquitecto Enrique Nuere hace una interesante valoración de este hecho:

Lo realmente cierto es el miedo sistemático que tenemos al empleo de la madera, tal vez por una simple razón: el desconocimiento de su comportamiento y de los recursos que ofrece. Una viga de hierro garantiza el límite de su esfuerzo admisible, y como técnicos que asumimos una responsabilidad legal, su empleo nos deja más tranquilos, pero, ¿será capaz ese hierro de perdurar cinco siglos sin ningún tipo de mantenimiento como lo han hecho numerosas estructuras de madera? Ciertamente no. Las estructuras de hierro pueden fallar estrepitosamente mientras la madera puede estar autoprotigiéndose gracias a la carbonización de su superficie<sup>1003</sup>.

---

<sup>1000</sup> Panneau (en francés). Es el término utilizado en el cine, escenografías teatrales, etc. Para designar a los tableros o paneles utilizados para hacer los decorados.

<sup>1001</sup> Emilio Miguel Mitre, op. cit., pág. 14.

<sup>1002</sup> Aunque España no posea un clima idóneo para la mejor conservación de la madera, seguimos teniendo reparo a la hora de tratar con este material. Actualmente vivimos una época excesivamente tecnificada en la cual se dejan de lado ciertos materiales tradicionales con la creencia de que todo lo sintético es mejor. En algunos casos puede que sea así, pero también hay que valorar el impacto ambiental que supone su producción y si realmente merece la pena lo que hay que hacer para conseguirlo y lo que realmente se consigue

<sup>1003</sup> Enrique Nuere Matauco, "Notas para una historia de la carpintería en España", en AA. VV., *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, Madrid, edita Mº de Cultura, marzo 1985, pág. 35.

Podemos apreciar lo dicho anteriormente en las imágenes posteriores a incendios de edificios cuya estructura era de madera y que se mantiene en pie, sin deformaciones, cuando todo lo demás se ha carbonizado. En cambio eso no ocurre en los que poseen estructuras metálicas: las vigas aparecen tan retorcidas que la estructura acaba por ceder y se desmorona.

En cuanto a la tecnología empleada, está tan avanzada como la de cualquier otro material más novedoso, siendo su consumo energético más reducido y la contaminación ambiental producida por sus industrias también es inferior, en relación con industrias relacionadas con los plásticos, metalurgia, etc.

El tablero moderno surge como consecuencia de varios hechos determinantes que fuerzan a buscar soluciones rápidas y eficaces. La excesiva demanda de madera por parte de ciertas industrias que se surtían de ella, tales como la construcción, aviación, minería, decoración, etc., fue uno de los detonantes. También hay que tener en cuenta que la madera o el tablero macizos son muy caros por las transformaciones que deben sufrir hasta llegar al comercio, por su comportamiento durante su secado (se deben controlar las deformaciones posibles), que hizo desarrollar toda una tecnología del secado artificial y así encareció el producto. De todas maneras, el secado natural requiere unas instalaciones enormes y períodos de tiempo muy prolongados, que no siempre resultan rentables.

Otro hecho importante fue la acumulación de enormes cantidades de desechos provenientes de la industria maderera y que tan sólo servían para cubrir necesidades de tipo combustible. Podemos ver aquí un tímido intento de aproximación a la cultura del reciclaje y aprovechamiento de residuos imperante en la actualidad.

También fue destacable el hecho de que la utilización de la madera en la construcción reclamase la reducción de “cargas propias” y así aligerar las estructuras y abaratar costes. Algunos intentos relacionados, con este aspecto, ya se realizaron en siglos precedentes: Philibert Delorme (siglo

XVI), el coronel Emy (1825) y ya en 1906 el sistema de Otto Hetzer, que iban encaminados a conseguir economizar medios sin rebajar prestaciones.<sup>1004</sup>

Asimismo el aislamiento, tanto térmico como acústico, reclamaba materiales ligeros, que redujeran el grosor de muros y tabiques sin perder las condiciones de aislamiento ofrecidas por los materiales tradicionales.

Para Camuñas todos estos aspectos referidos anteriormente adquieren un máximo cuando nos fijamos en el tablero:

(...) Pieza leñosa de gran superficie y reducido espesor, sujeta, como ninguna otra, a la deformación, la merma, el alabeo o la rajadura. Las estructuras de madera fueron reemplazadas por entramados de acero, de hormigón armado, de aluminio, pero el problema del tablero seguía en pie por la dificultad de su sustitución.

La suerte del tablero de madera cuajada - quizás recién apeada y aserrada, sin tratamiento alguno - no ofrece duda; o se comba de tabla, o se acanala o se alabea o, en fin, se raja y abre si se le encadena con marcos o piezas sólidas.

Para dar solución a los problemas esbozados y conseguir tableros leñosos estables, ligeros, aislantes y económicos, destacaremos los siguientes sistemas: el contrachapado, el blindado, el conglomerado y el armado<sup>1005</sup>.

Esta nueva manera de concebir el material traerá consigo una serie de ventajas y distintas posibilidades, como sucedió con la madera laminada, abriendo la posibilidad, como ya dijimos, de obtener piezas de grandes dimensiones pero mejorando al máximo la relación resistencia-peso. Muchos ven en ella (la madera laminada)<sup>1006</sup> la expresión más avanzada de la tecnología de la madera, en lo que a la construcción se refiere, pues solucionó muchos de los problemas que existían. Otras posibilidades que trajo esa nueva tecnología fue la confección de tableros tendentes a suprimir

---

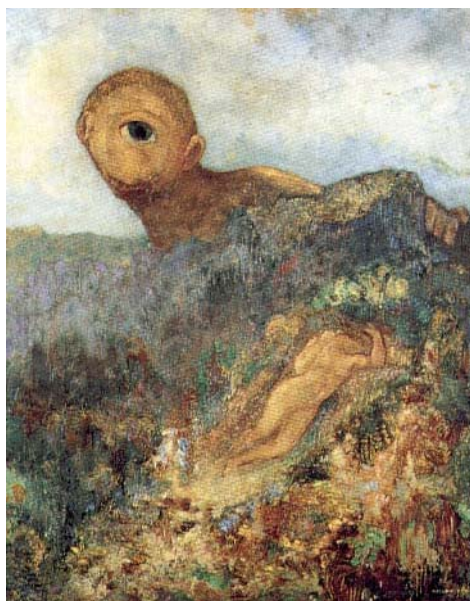
<sup>1004</sup> Todo esto se refiere a los intentos por conseguir materiales para estructuras más ligeras, económicas y un mayor aprovechamiento de tablas de pequeña escuadría para conseguir, en este caso, vigas de una escuadría inexistente en la naturaleza o en la industria del momento. Ello dio como resultado la aparición de la madera laminada (hablaremos más detenidamente de ella en el capítulo correspondiente, pero este término irá referido exclusivamente a un sistema de construcción laminada de vigas. Cuando nos refiramos a otros materiales laminados, se harán las oportunas aclaraciones, por ejemplo: “tablero laminado”).

<sup>1005</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 331.

<sup>1006</sup> Hablamos de ella en su capítulo correspondiente, ya que de ella surgen posibilidades de adaptación en la construcción de listones para la realización de bastidores más resistentes.

la naturaleza anisótropa de la madera<sup>1007</sup> y abriendo posibilidades de obtener mayores superficies para recubrimientos, soportes, etc., dado que estos tableros suelen ser, por su forma de construcción, mucho más estables que los de madera maciza pues compensan los defectos estructurales de ésta y contrarrestan con eficacia la presencia de nudos u otros factores de deformación. También se mejoró la tecnología dedicada a la protección de la madera, así como a su secado y además apareció una industria de recubrimientos superficiales basados, por lo general, en combinaciones de resinas sintéticas con otros materiales y que imprimen sus características a los tableros que revisten.

Estos tableros se caracterizan normalmente por su mayor estabilidad superficial y dimensional<sup>1008</sup>, por su ligereza (aunque no todos), por el aislamiento y la economía que ofrecen en relación con tableros similares de madera maciza.



Odilon Redon.  
El cílope, hacia 1899-1900. Óleo sobre  
tabla.

El desarrollo de algunos de estos nuevos productos destinados a fines estructurales iba encaminado, como ya hemos indicado, a eliminar parte de la naturaleza anisotrópica de la madera pero también tenían como misión la eliminación de otros defectos que influían negativamente en la resistencia de la madera.

Algunos de estos productos, que estudiaremos más adelante son: la madera laminada, que al fabricarse con

---

<sup>1007</sup> Un tablero o panel, tanto si es delgado como si es grueso ofrece una gran superficie a su entorno, es decir, son piezas de gran tabla y reducido espesor y es lógico que trabaje (dilatándose o contrayéndose, según absorba o ceda humedad ambiental).

<sup>1008</sup> A pesar de todo se recomiendan juntas de dilatación en el caso de uniones de tableros sin encolar. En el caso de tableros encolados se transfieren, dichas juntas, a zonas no visibles. Si conforman un solo tablero no debe sobrepasarse los 4 m de longitud por 2,50 m de altura (Juan Ignacio Fernández-Golfín Seco, “Manipulación, recepción y puesta en obra de tableros de madera”, *Acomat*, Nov.-Dic., nº 55, 1988, pág. 22).



listones de pequeño grosor, reduce considerablemente las consecuencias de los defectos que pudieran existir en un solo listón<sup>1009</sup>. O la madera microlaminada, o los tableros laminados que reducen todavía más el espesor al estar fabricados por chapas. O el mismo tablero contrachapado que además resulta más homogéneo debido al cruce perpendicular de sus chapas.

La mala fama inicial de algunos de estos tableros provenía de la inadecuada manera de trabajarlo, eligiendo grosores inapropiados, materiales deficientes y su empleo inoportuno en situaciones para las que no estaban diseñados o carecían de las protecciones debidas.

Retomando la definición sobre el tablero de madera, que establecía Camuñas anteriormente: «(...) pieza leñosa de gran superficie y reducido espesor(...)», podemos precisar que nos encontramos ante una pieza compuesta fundamentalmente por madera, en cualquiera de sus modalidades (maciza, contrachapado, en forma de virutas, partículas, fibras, etc.) y con la adición, o no, de otros componentes como pueden ser adhesivos, productos hidrófugos, ignífugos, fungicidas, pigmentos, recubrimientos de todo tipo, etc.

En dicha pieza de madera existe un predominio de la longitud y la anchura en detrimento del grosor.

Podemos resumir ese paso del tablero de madera maciza a los nuevos tableros industriales, como un cambio de mentalidad, en función de las necesidades del momento.

Podemos establecer cierto parangón con la aplicación de la madera realizada por pueblos del bosque o por pueblos marineros:

La talla de los pueblos del bosque es ruda pero también potente y robusta, influenciada por la selva exuberante; los Tótems africanos, las tallas de las selvas polinesias, las columnas estatuarias del Canadá, etc. buscan efectos de masa deducidos del árbol en bruto.

---

<sup>1009</sup> Un caso similar ocurre con los nudos existentes en un tronco al convertirlo en una tabla de madera maciza o convertirlo de un contrachapado: “pierde agresividad”, en este segundo caso, al quedar repartido en distintas capas y en posiciones no coincidentes.

Por el contrario, en los pueblos del mar, **el trabajo de la madera es ligero, aplicándose más a la superficie que a la masa**, buscando efectos decorativos sobre el objeto-soporte, o aspectos terribles para ahuyentar a fuerzas maléficas en las casas y en las naves.<sup>1010</sup>

Podemos clasificar los tableros de madera de muchas maneras: según materiales, procesos de fabricación, adhesivos, según la función que desarrollen, según el lugar que ocupen (exterior, interior, etc.), según tratamientos recibidos (hidrófugos, ignífugos, etc.), según sean macizos o huecos, según contenido de formaldehído, etc. Todo va a depender de lo que vayamos buscando, de los intereses que tengamos.



Vladimir Tatlin.  
Contrarrelieve azul,  
hacia 1914.  
Maderas diversas, metal,  
cuero, tiza y pintura al  
temple sobre panel de  
madera.

Hablando de forma genérica, se podría hacer una primera clasificación, que incluiría dos grandes grupos, en función de los materiales con que están realizados dichos tableros: Tableros de madera maciza y tableros derivados de la madera. Al primer grupo pertenecerían todos los tableros que tradicionalmente se han fabricado con madera maciza o con diferentes tipos de listones, varillas, etc. (vulgarmente denominados *tableros de carpintero*), de diferentes especies y grosores, como veremos, ensamblados por distintos sistemas<sup>1011</sup> y, en el caso de su uso como soporte artístico, fabricación de puertas, etc., fortalecidos por distintos tipos de refuerzos.<sup>1012</sup>

Al segundo grupo pertenecen algunos de los tableros más novedosos empleados a niveles industriales, artísticos, etc. que han surgido de las investigaciones realizadas con el fin de mejorar las características de los

<sup>1010</sup> Joaquín Martín Diéguez, “La madera y las artes plásticas”, en AA. VV. *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, Madrid, marzo 1985, edita Mº de Cultura, pág. 50.

<sup>1011</sup> Simple unión o por encoladura, a la media madera, por espigas, por lengüetas, unión machihembrada, por lambeta, etc. Para obtener información sobre estos y otros sistemas de unión o ensamblaje se puede consultar el capítulo correspondiente a Estereotomía de la madera maciza.

<sup>1012</sup> Estos refuerzos van desde el clásico bastidor, pasando por los marcos de ranura, de cuadro, fajeado, embarrotados, etc. Para obtener información sobre estos y otros sistemas de refuerzo se puede consultar el capítulo correspondiente.

tableros de madera maciza, a la par que obtener una optimización del material y casi completo aprovechamiento del material.

### **7.1.3 Clasificación general, según normas UNE.<sup>1013</sup>**

- **Tableros de madera maciza.**

Son aquellos fabricados fundamentalmente basándose en tablas, tablillas o listones y cohesionados por distintos medios tales como encolado, machihembrado, revestimiento de chapas, etc.

- **Tableros ensamblados.**
- **Tableros de alma enlistonada.**
- **Tableros alistonados.**

- **Tableros derivados de la madera.**

Son los constituidos a partir de chapas o de elementos de madera de dimensiones reducidas (fundamentalmente partículas, fibras, virutas y / otros materiales tales como haces de fibras de cáñamo, lino, bagazo, etc. Generalmente se obtienen mediante prensado en caliente y por la adición de adhesivos o aglomerantes. (Tableros industriales, manufacturados, de recubrimiento, etc.)

- **Tableros de chapas.**
  - Tableros laminados (o a la veta).
  - Tableros contrachapados.
- **Tableros de partículas.**
  - Tableros aglomerados de partículas (o astillas) tradicionales.
  - Tableros de virutas:
    - Tableros de virutas orientadas (OSB).
    - Waferboard.
- **Tableros de fibras.**

---

<sup>1013</sup> Vid. Norma UNE 56700: 1992. *Tableros de madera. Definiciones y clasificación.*

- Tableros de fibras duros.
- Tableros de fibras de densidad media (MDF).
- **Tableros de madera-cemento.**
- **Tableros mixtos o de alma compleja.**
  - Tableros compuestos.<sup>1014</sup>
  - Tableros alveolados.<sup>1015</sup>

En esta clasificación no se incluyeron los tratamientos a que hayan podido estar sometidos dichos tableros (ignífugación, resistencia a la humedad...). Podemos comentar a este respecto que poseen una coloración diferente: roja para los tableros ignífugos y verde para los resistentes a la humedad. También es importante señalar con relación a esta coloración, que cuando estos tableros son expuestos al sol, se produce un deterioro en la intensidad de coloración. Por eso si observamos una nueva coloración en nuestro tablero no quiere decir que la impregnación se haya efectuado en menor medida de la adecuada. La coloración se debe sólo a un pigmento identificativo usado durante la fabricación. Teniendo en cuenta esto, podemos aconsejar el almacenamiento de los tableros en lugares a resguardo de las acciones del sol y de la lluvia (hinchazones y alabeos en los no resistentes a la humedad), en horizontal y con los suficientes rastreles para evitar que los tableros flexen y entren en contacto con el suelo. Se deben vigilar por si tuvieran defectos derivados del ataque de hongos y xilófagos (coloraciones impropias de la especie y orificios, etc.)

#### Código de colores en los tableros:

- Madera: Normal.
- Verde: Hidrófugo.
- Rojo: Ignífugo.

---

<sup>1014</sup> Son los formados por un alma de lana de vidrio, corcho aglomerado, espumas sintéticas, u otros materiales similares generalmente con propiedades aislantes térmicas y/o acústicas, estando constituidas sus caras por chapas en contramalla, tableros de partículas o tableros de fibras encolados al alma.

<sup>1015</sup> Son los formados por una estructura alveolar basado en chapa, ondulada o rizada, tabillas, tablero delgado de fibras, papel o cartón, cuyas caras están formadas generalmente por dos chapas en contramalla encoladas al alma. El dibujo que se incluye aparece en las normas UNE, pero es sólo una de las muchas posibilidades existentes.

- Rojo y Verde: Mixto: hidrófugo / ignífugo.
- Azul: Biológico (tratado contra hongos e insectos).

#### Marcado de tableros:

Pero hay que tener en cuenta que en el marcado de tableros se utiliza un sistema “voluntario” de código de color según el tipo de tablero. Este código está formado por unas franjas de colores.

En el caso de los tableros aglomerados de partículas, por ejemplo:

Código de colores <sup>1016</sup>		Uso o aplicación
1 <sup>er</sup> color	2 <sup>o</sup> color	
Blanco		Uso general
Amarillo		Aplicación estructural
	Azul	Ambiente seco
	Verde	Ambiente húmedo

Pueden llevar dos o tres franjas:

Especificación	Código de color	EN
Uso general, seco	Blanco, blanco, azul	312-2
Aplicaciones interiores, seco	Blanco, azul	312-3
Estructural, seco	Amarillo, amarillo, azul	312-4
Estructural húmedo	Amarillo, amarillo, verde	312-5
Estructural de alta prestación, seco	Amarillo, Azul	312-6
Estructural de alta prestación, húmedo	Amarillo, Verde	312-7

Vista la anterior clasificación de tableros de las normas UNE, sería interesante conocer las aplicaciones más importantes de dichos tableros en algunos campos de utilización. Otros campos de uso se han mencionado o se mencionarán en los capítulos siguientes y no se mencionarán aquí por haber quedado obsoletos (el campo de la aviación por ejemplo, aunque se sigan utilizando algunos de esos tableros en aeromodelismo con gran éxito).

<sup>1016</sup> Según norma UNE-EN 312-1:1997.

Para la realización del siguiente cuadro explicativo se ha partido del esquema general, elaborado por AITIM<sup>1017</sup>, que contempla sólo los casos referidos a vivienda y construcción, nosotros hemos incorporado las utilidades de los mismos referidas a las bellas artes (principalmente a la pintura) y el apartado de *tableros armados y otros*, por considerar que este trabajo va referido a ese campo.

---

<sup>1017</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994., pág. 117.

## Aplicaciones industriales y en las BB. AA.

TABLEROS		VIVIENDA			CONSTRUCCIÓN						BB. AA.		
		MUEBLES	PUERTAS	REVESTIMIENTOS	BASES DE CUBIERTAS	DIVISIONES INTERIORES	BASES DE SUELO	FABRICACIÓN DE VIGAS MIXTAS	ENCOFRADOS	ESTRUCTURAL	CONSTRUCCIÓN DE SOPORTES		ESTÉTICAMENTE
											TABLEROS	REFUERZOS, LISTONES	
De madera maciza	Ensamblados										○		
	De alma enlistonada												
	Alistonados										△		
Derivados de la madera	Contrachapados												*
	Laminados										☾		
	De partículas												
	De virutas orientadas (OSB)												
	Waferboard												
	De fibras duros												
	De fibras de densidad media (MDF)										+	+	
	De madera cemento												
	Mixtos												●
	Armados												●
	Otros	Ondulado											
		Blindado											
		Xilolita											

● Con manipulación de las caras para poder ver el alma.

+ Existen actualmente unos soportes de muy baja calidad fabricados con tablero de fibras duros o con MDF (el tablero) y con MDF como listones de refuerzo (bastidor).

\* Según especies en las caras.

○ Obsoletos ya en el campo de las BB. AA. A veces usados en la restauración de soportes de madera antiguos o más recientes pero en pésimo estado.

☾ Problemática su utilización precisamente por su forma de construcción: todas las fibras están orientadas en la misma dirección.

△ Podrían usarse, pero hay que tener cuidado con la gran cantidad de listones y líneas de cola presentes.

En la actualidad firmas como Valmet (antigua Sunds Defibrator), por ejemplo, puede fabricar tableros de fibras con cualquier tipo de materia prima celulósica: desde bagazo (desperdicios de la caña de azúcar), caña, paja, tallos de algodón y casi de cualquier pasta de maderas duras o blandas. Se pueden fabricar tableros aglomerados de partículas de la mayoría de plantas anuales no leñosas. Incluso tableros de desperdicios de madera, de recortes de contrachapado, desperdicios de aserraderos y de la industria del mueble. En el caso de Valmet, en su Fiber Research Center en Sundsvall, Suecia, tiene una base de datos con informes detallados de más de 500 pruebas sobre distintas materias primas para la fabricación de tableros de fibras.<sup>1018</sup>

---

<sup>1018</sup> “An investor’s guide for Panelboard systems”, Sunds Defibrator, Stockholm, Sweden, 1999, pág. 15.



## 7.2 TABLEROS DE MADERA MACIZA.

Son todos aquellos tableros compuestos por uno o varios paneles o tablas de madera natural no reconstituída.



Salvador Dalí.  
Aparato y mano, 1927.  
Óleo sobre tabla.



Karel Appel.  
Preguntando a los niños, 1948.  
Óleo y collage sobre madera.

### 7.2.1 TABLEROS ENSAMBLADOS.

Son los tradicionales tableros de madera maciza utilizados a lo largo de la historia. De dichos tableros existe abundante literatura<sup>1019</sup> y, por ese motivo, sólo revisaremos en ellos, al hablar de esterotomía de la madera, los sistemas de ensamblaje más comunes. De las especies utilizadas en su fabricación hablaremos en el punto correspondiente: *Patrones de identificación de especies utilizadas en soportes.*

### 7.2.2 TABLEROS ALISTONADOS.

También se les llamó: **TABLONES ALISTONADOS. TABLERO CARPINTERO. TABLEROS DE CARPINTERO. LAMIN BOARDS. KNOCK-DOWN.**<sup>1020</sup> **TABLEROS DE LATAS**<sup>1021</sup>.

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE 56770:1992: *Tablones alistonados. Definiciones, clasificación y terminología.*

<sup>1019</sup> Vid. Prieto Prieto, op. cit.

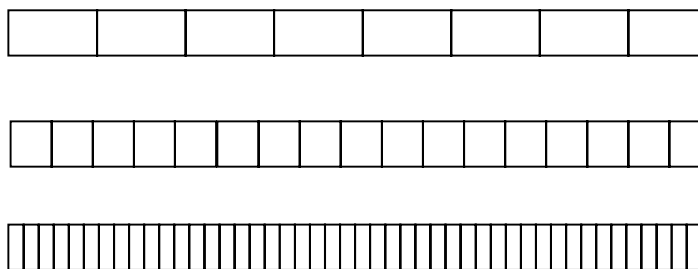
<sup>1020</sup> Nombre que recibe en Canadá el tablero alistonado destinado a la fabricación de muebles que se comercializan en forma de kits.

<sup>1021</sup> Término que aparece en Hugh Jonson, op. cit., pág. 232.

- UNE 56771:1992: *Tableros alistonados. Corte de las probetas y evaluación de los resultados de los ensayos.*<sup>1022</sup>
- UNE 56772:1992: *Tableros alistonados. Determinación de las dimensiones de las probetas.*
- UNE 56773:1992: *Tableros alistonados. Determinación de las dimensiones de los tableros. Determinación del espesor, longitud y anchura.*
- UNE 56774:1992: *Tableros alistonados. Determinación de la densidad.*
- UNE 56775:1992: *Tableros alistonados. Determinación del contenido de humedad.*
- UNE 56776:1992: *Tableros alistonados. Determinación de la absorción de agua e hinchazón por inmersión total.*
- UNE 56777/1:1992: *Tableros alistonados. Determinación de la resistencia de las líneas de adhesivo. Resistencia al esfuerzo cortante.*
- UNE 56777/2:1992: *Tableros alistonados. Determinación de la resistencia de las líneas de adhesivo. Resistencia después de inmersión en agua.*
- UNE 56777/3:1992: *Tableros alistonados. Determinación de la resistencia de las líneas de adhesivo. Resistencia después de un ciclo de envejecimiento.*<sup>1023</sup>
- UNE 56779/1:1992: *Tableros alistonados. Especificaciones. Tableros de uso interior.*

### 7.2.2.1 Definición.

Se denomina tablero alistonado a todo aquel tablero que está formado por listones de madera maciza, encolados entre sí. Dichos listones pueden tener longitudes iguales o diferentes, pero con sus anchuras y grosores iguales.



Estos tableros son muy antiguos.

Hacia 1955 las fábricas se situaban en la antigua Yugoslavia, Checoslovaquia y Alemania.

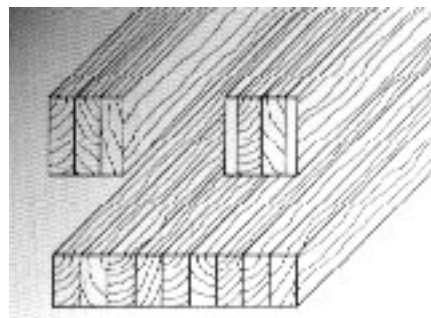
En España, en la actualidad, las fábricas se sitúan en el Cantábrico.

<sup>1022</sup> En esta norma se encuentra un interesante dibujo de la zona de obtención de probetas del tablero.

<sup>1023</sup> Par ello se emplea una cámara climática capaz de alcanzar y mantener unas condiciones higrotérmicas comprendidas entre el 65% y el 85% de humedad relativa  $\pm 5\%$  y temperatura de  $20^\circ \text{C}$  a  $25^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ .

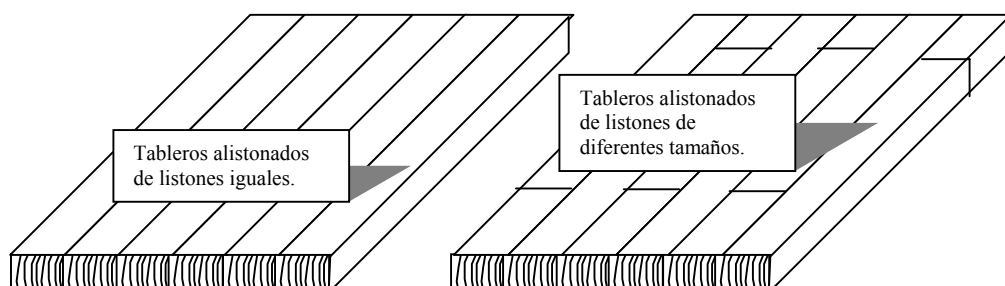
El alistonado en Europa. Año 2000 <sup>1024</sup>		
Producción	Total	316.000 m <sup>3</sup>
	Mayor productor	Alemania
Usos principales		Mobiliario de calidad

A diferencia de los tableros de alma enlistonada, en estos, las caras no están formadas por chapas, sino por las propias caras de los listones, es decir, carecen de rechapado y están formadas por listones más anchos que aquellos.



Alistonado laminado.  
Cortesía de Grecon Dimter.

Como se comprenderá los listones deben tener el mismo grosor, de lo contrario se producirían escalones. Si esto sucediera, con pasarlo por una regruessadora se nivelaría.



Para que resulte una disposición regular de los listones, estos deben tener la misma anchura. En cuanto a la longitud de los listones, estos



Sierra de cinta  
con  
alimentador  
Snac 940

Cortesía de Griggio Calvomaq.



pueden ser iguales o no, dependiendo del proceso de fabricación, y pueden estar empalmados o no por las testas. Estos empalmes

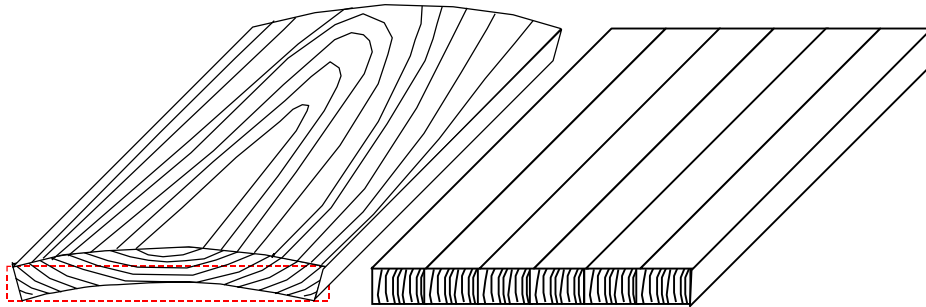


Jatoba.

pueden ser finger-joint o por encuentro:

<sup>1024</sup> “Mercado de tableros contrachapados”, *Aitim*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág.49.

Fundamento: las tablas anchas (sobre todo las de corte tangencial) se comban en sentido contrario a los anillos de crecimiento, produciendo deformaciones estructurales en el tablero, de ahí el motivo de dividir en estrechos listones. De esta manera los movimientos de retracción y turgencia se ven reducidos ganándose estabilidad.



#### 7.2.2.2 Materiales.

- **Listones de madera.**

Básicamente se puede utilizar cualquier tipo de especie maderable pero debe ser apta para el encolado.

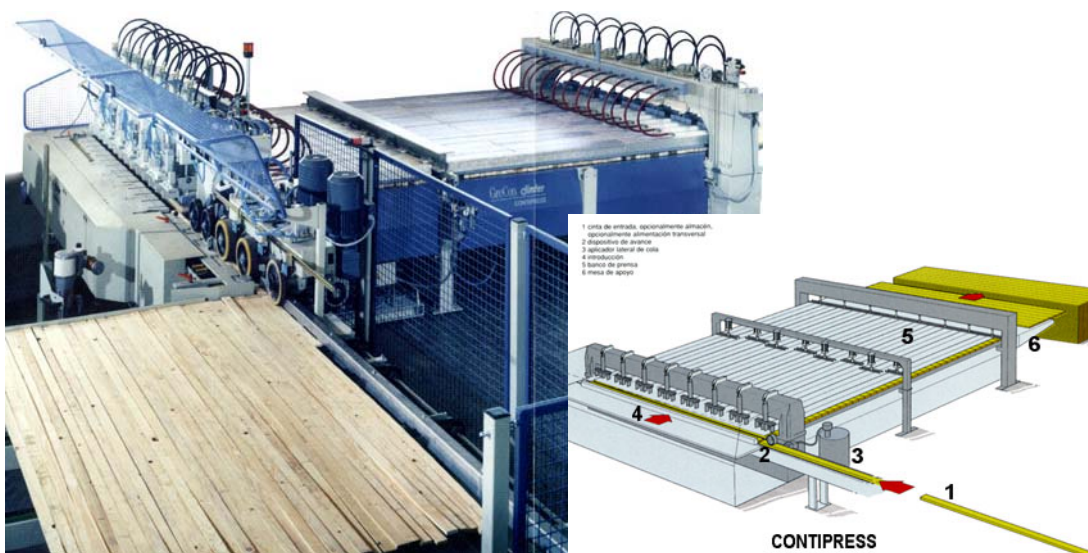
En España las especies más habituales son coníferas de buena calidad, como el pino insignis, pino silvestre, pino radiata y el pino pináster<sup>1025</sup>. Este último suele presentar una humedad final del 9-12%.



Sierra tronadora de optimización.  
Cortesía de Grecon Dimter.

---

<sup>1025</sup> También se usan: pino negro, picea, y abeto. El pino pináster es el elegido por la empresa Laminor, S.A., para la fabricación de su tablero alistonado. El pino pináster también recibe otros nombres como pino gallego, pino de las Landas, pino rodeno y pino marítimo.

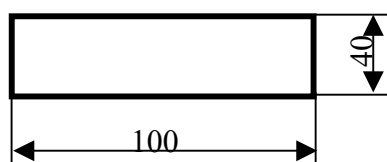


Contipress.  
Cortesía de Grecon Dimter.

Algunas frondosas como el castaño también se usan, y especies tropicales como etimoe, jatoba y elondo.<sup>1026</sup>

Su madera debe estar perfectamente seca y curada.

Su sección suele ser rectangular y no suele exceder su escuadría de 40 x 100 mm, aunque con la automatización de los procesos, la maquinaria (Contipress, por ejemplo) admite anchos de listón entre 20 y 180 mm, tanto de coníferas como de frondosas.



El  
grosor  
del

tablero equivale al grosor del listón utilizado. Dentro del tablero, todos los listones tienen aproximadamente el mismo grosor y anchura

- **Adhesivos.**

El tipo de condición de exposición determinará, como siempre, el tipo de adhesivo a utilizar.



Encoladora. Sistema cerrado de aplicación de cola "Flankenjet".

<sup>1026</sup> Luis García Esteban y Paloma de Palacios, "La madera de pequeñas dimensiones en la fabricación de tableros alistonados y perfil laminado", *Aitim*, n° 204, Marzo-Abril, 2000, Aitim, Madrid, pág. 23.

Habitualmente se usan adhesivos de:

- Urea-formaldehído.
- Urea-melamina-formaldehído.
- Acetato de polivinilo.

Otras posibilidades: Resinas fenólicas, epoxi y de poliuretano. No se suelen usar por las dificultades técnicas de aplicación y el alto coste que suponen.<sup>1027</sup>

En los procesos de fabricación automatizados, se emplean sistemas cerrados de aplicación de cola (como el sistema “Flankenjet” de GreCon Dimter) que permiten una aplicación de cola dosificada y precisa, que garantiza uniones exactas y sin daños en las juntas, porque la presión es constante durante todo el proceso.

Suelen aplicarse unos gramajes de 100 a 300 g/m<sup>2</sup>.

- **Recubrimientos superficiales fluidos.**

Especificamos este tipo de recubrimiento porque si fueran de tipo sólido, como las chapas, estaríamos ante los tableros de alma enlistonada.

Básicamente son barnices, pinturas y lasures.

#### **7.2.2.3 Tipos.**

Según la norma UNE 56770:1992.

- **Por las condiciones de exposición.**
  - Tableros alistonados interiores.
  - Tableros alistonados semiexteriores

---

<sup>1027</sup> Luis García Esteban y Paloma de Palacios, op. cit., pág. 23.



- Tableos alistonados exteriores.



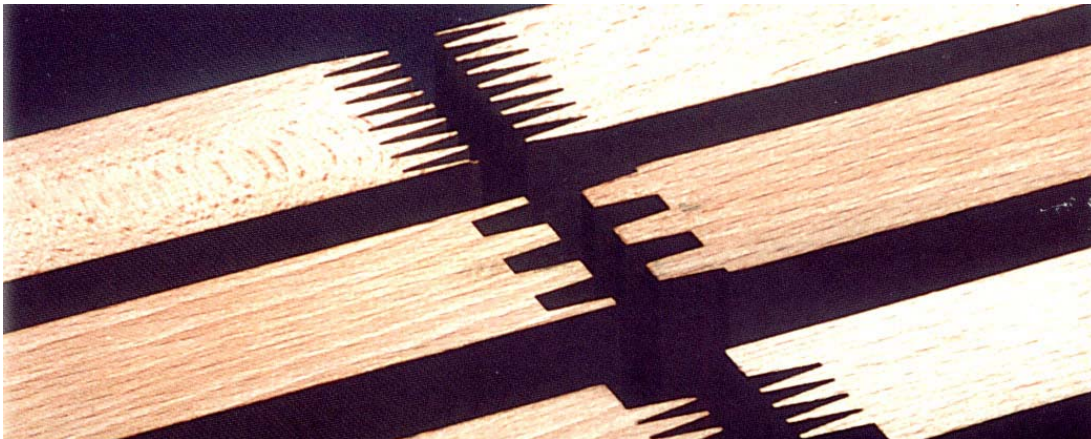
- **Por su estado superficial.**

- Con nudos o sin nudos.
- Lijados o no.
- Recubiertos o no.
- Con o sin elementos entre listones.
- Chapas de madera [aquí las normas UNE se están refiriendo a los de alma enlistonada].
  - Con dos o cuatro chapas obtenemos el tablero de alma enlistonada, tablero del que hablamos en otro lugar.
  - Con una sola chapa, de madera exótica, se creó este tablero como revestimiento de paredes y techos en 1957 por la firma inglesa Graefe Ltd. El producto fue denominado **“Embossly”**<sup>1028</sup> y consistía en un tablero carpintero recubierto por una sola cara con una chapa de alta calidad de maderas como el sicómoro o la caoba de

<sup>1028</sup> Deriva del término inglés “emboss”, que significa, entre otras cosas, “realzar”. Suponemos que “realza” lo común de un tablero carpintero.

Honduras.<sup>1029</sup> El tablero tenía unas dimensiones de 183 x 91,5 cm y un grosor de unos 6 mm. Dimensiones un tanto peculiares, pero téngase en cuenta que el tablero era de origen británico, lo mismo que sus medidas: 6 x 3 pies y ¼ de pulgada de grosor.<sup>1030</sup>

- **Según la unión de los cantos.**
  - Plano o a tope.
  - Con unión dentada.
- **Según la unión de las testas.**
  - Sin uniones en testa.
  - Con uniones.
  - En testa plana o a tope. Es la unión de dos listones entre sí por medio de un adhesivo, a través de su sección perpendicular a la fibra de la madera.
  - En testa con unión dentada.

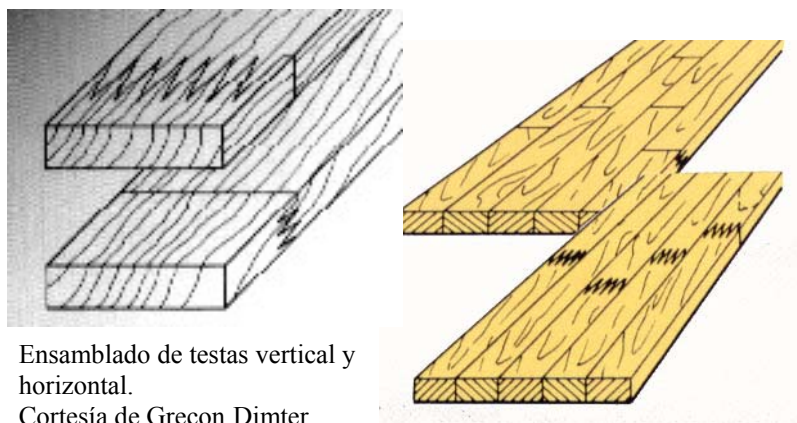


Uniones con finger joint.  
Cortesía de Grecon Dimter.

<sup>1029</sup> *Montes*, n° 74, año XIII, Marzo-Abril, 1957, Montes, Madrid, pág. 135.

<sup>1030</sup> Un pie equivale a 12 pulgadas. Una pulgada son 2,54 cm, por tanto, un pie equivale a unos 30,48 cm.





Ensamblado de testas vertical y horizontal.  
Cortesía de Grecon Dimter.

#### 7.2.2.4 Propiedades del tablero ALISTONADO interior.

PROPIEDADES: (Sólo del tablero alistonado para interior, único del que existe normativa)<sup>1031</sup>.

- Contenido de humedad:

En el momento de su expedición será del 12 +/-2%. Puede variar según almacenamiento y transporte.

- Densidad:

La correspondiente a la especie de madera empleada (medida a un contenido de humedad del 12%).

- Estabilidad dimensional:

La de la madera utilizada.

- Conductividad térmica:

La de la madera utilizada.

- Aislamiento acústico:

El de la madera utilizada.

- Comportamiento al fuego:

Poder calorífico: + Correspondiente a la especie utilizada ( del orden de 4000 Kcal/Kg.).

---

<sup>1031</sup> Se refiere a 1994.

Reacción al fuego: + Correspondiente a la especie utilizada ( M-3 o M-4).

- Se puede ignifugar.

Velocidad de la llama: + Correspondiente a la especie utilizada (0,36 a 0,55 mm/min.).

- Absorción:

Un 20% ( según norma UNE 56.776).

- Hinchazón:

Tanto en grosor como en el sentido perpendicular a las líneas de adhesivo el valor máximo será del 3% (UNE 56.776).

- Resistencia al esfuerzo cortante:

Independientemente del grosor del tablero ha de ser superior a 8,5 N/mm.<sup>2</sup>.

Si la rotura se produce por la línea de cola, debe quedar adherida por lo menos un 50% de la madera en la superficie (UNE 56.777).

#### **7.2.2.5 Dimensiones.**

Los primeros tableros tenían unas dimensiones de:

Longitud: 970, 1000, 1970, 2000 mm.

Ancho: 500 mm.

Grueso: 22 y 27 mm.

Actualmente se fabrican con dimensiones de 1,22 m de ancho por 6 metros de largo, debido a su elevado peso. Los grosores van de 18 a 30 mm, pero con las máquinas más modernas (Contipress) se pueden conseguir grosores de tableros de 5 a 80 mm.<sup>1032</sup>

---

<sup>1032</sup> Para información detallada ver información técnica “Contipress”, de la empresa GreCon Dimter, del grupo Weinig, Illertissen (Germany), 2000.

#### 7.2.2.6 Aplicaciones.

Lo más frecuente es usar los fabricados con coníferas para la fabricación de muebles y en la construcción para la fabricación de encofrados y usar los de frondosas y tropicales para la ebanistería.



Lucio Muñoz.  
Interior, 1964.  
Mixta sobre tabla.

Su utilización es la misma que las tablas de madera maciza.

Tiene muy buena estabilidad. Al estar los listones encolados entre sí (siendo estos de pequeña anchura y grosor) aminoran el trabajo de la madera quedando esos tableros “casi exentos” de movimiento y variaciones dimensionales, lo que acarrea una mejora estructural.

#### 7.2.2.7 Fabricación.

El proceso de fabricación de estos tableros es similar a la fabricación de la madera soporte de los tableros de alma enlistonada, pero las caras no se recubren.

Unidad de producción de tablero alistonado realizada por la empresa Laminor, S.A.;<sup>1033</sup>

---

<sup>1033</sup> Para más información vid. literatura técnica correspondiente al año 2000, “Fabricación de Madera laminada Encolada y Tablero Alistonado” y hojas técnicas informativas de Laminor, S.A., Laminados de Madera del Noroeste, S.A., Ourense.

<b>Sección recepción y secado</b>	
- Recepción y almacenamiento de la madera húmeda. Introducción en secadero hasta alcanzar el grado de humedad óptimo.	
<b>Sección alistonado de madera</b>	
- Alimentación máquina automática multisierra. - Optimización y selección manual de listones. - Línea de finger jointing.	
<b>Sección de prensado</b>	
<b>- Alimentación manual de listones a sistema automático.</b> - Alimentación de cola. - Conducción de máquina en panel de mandos. - Prensado. - Calibradora. - Retirada de tablero terminado.	
<b>Sección de retestado y empaquetado</b>	
<b>- Corte de los tableros.</b> - Selección según calidades. - Empaquetado. - Etiquetado. - Almacenamiento.	

Después del secado de la madera se procede a limpiar caras y cantos (perfilado). Y las piezas se presentan así con las caras cepilladas. A continuación se marcan los defectos y son eliminados (saneado)



Optimización.  
Cortesía de Michael  
Weinig.

por sierras circulares. La marcación de defectos se puede hacer con tiza, láser o sistemas automáticos. La marcación y saneado son operaciones que hacen automáticamente las sierras tronadoras de optimización



Optimización.  
Cortesía de Grecon  
Dimter.

como las Opticut 100, 200, 300, 600, 700 y 800 de GreCon Dimter.<sup>1034</sup>

Como los listones pueden haberse acortado durante el saneado, se procede a su empalme hasta alcanzar la longitud estándar de unos 6 metros. Los empalmes de testa suelen ser de finger-joint. Después se eliminan las irregularidades y se preparan las caras que van a ser encoladas. El encolado se realiza en una o en las dos caras.

Su aspecto puede resultar extraño por las líneas de cola visibles y por los nudos que suelen tener al estar fabricados habitualmente por madera de coníferas, ya que no resulta una superficie demasiado homogénea. Si la selección de los listones no es muy acertada (muy anchos, grandes nudos saltadizos, fendas...) se acrecienta más la falta de homogeneidad y por tanto la calidad del tablero:

Para limitar al máximo el posible trabajo de la madera de soporte, no sólo se tuvo que tener gran cuidado en la selección de la madera, sino también en el encolado, buscándose para ello nuevos sistemas.

Antes del desarrollo de la industria de tableos, los artesanos se construían ellos mismos sus tableros de carpintero<sup>1035</sup>.

#### 7.2.2.8 Obtención de la madera soporte.

Aunque su presentación habitual en el mercado suele ser la de tableros formados por listones de sección rectangular, es aconsejable utilizar listoncillos de sección cuadrada, puesto que así es



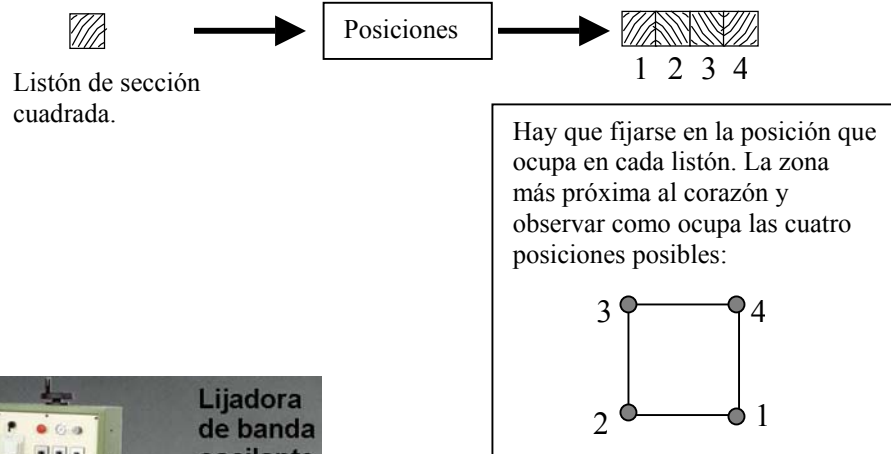
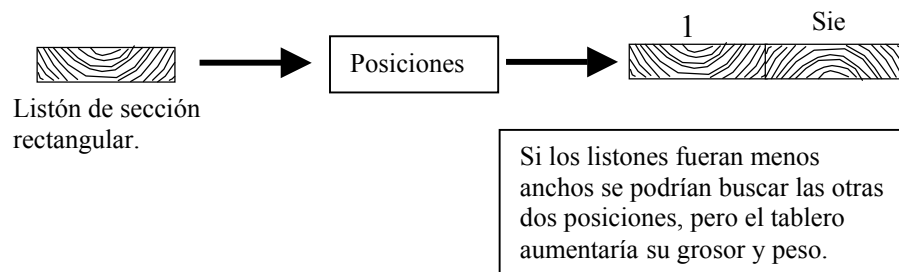
Mesa giratoria con fresadora de paquetes.  
Cortesía de Grecon Dimter.

<sup>1034</sup> Para información detallada ver información técnica “Sierras Tronzadoras de optimización”, de la empresa GreCon Dimter, del grupo Weinig, Illertissen (Germany), 2000.

<sup>1035</sup> Fritz Spannagel, op. cit. pág. 159.

más fácil el aserrado al no tener que modificar los parámetros de corte de las sierras.

De esta manera la anchura es idéntica al grosor, Esta ventaja resulta insignificante en relación con el tiempo y trabajo que se ahorra ya que las tablillas se pueden ordenar como convenga, en función de los anillos de crecimiento, y así construir un tablero más estable. Un listón de sección rectangular tiene, normalmente, dos posibles posiciones dentro del tablero, mientras que uno de sección cuadrada podría adoptar cuatro posiciones, según convenga.

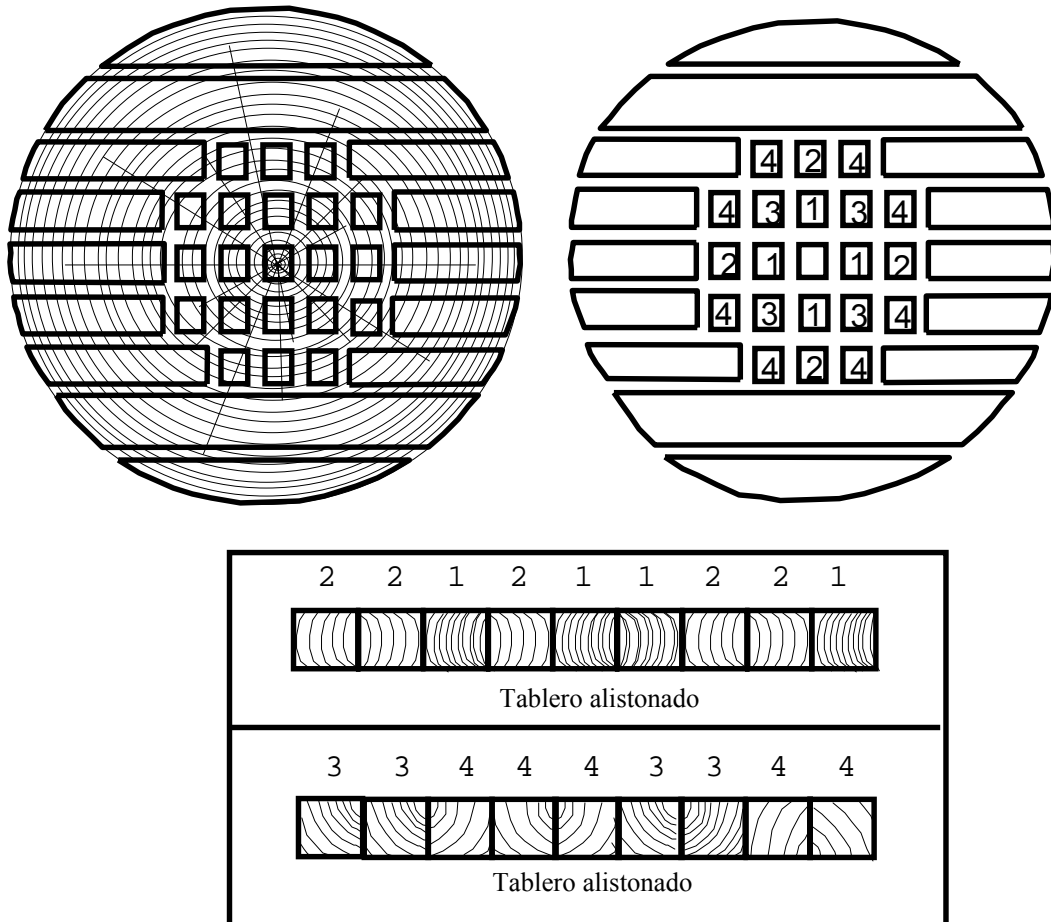


Lijadora de banda.  
Cortesía de Griggio Calvomaq.

Sea como fuere, siempre se tendrá en cuenta la disposición de los anillos, que la albura deberá encolarse con la albura y el duramen con el duramen, que cuanto más

homogénea sea la madera soporte, más homogéneo será el tablero, etc.

Spannagel propone un despiece específico para la obtención de tableros de altísima calidad.<sup>1036</sup>



El primer tablero formado por los listones de la posición 1 y 2 es más estable ya que los anillos son de corte radial casi perpendiculares a las caras del tablero por lo que sus movimientos serán casi imperceptibles resultando un tablero muy estable. En el segundo caso, los listones ocupan una posición más tangencial en la troza por lo que sus movimientos se verán acrecentados, resultando un tablero más inestable.

<sup>1036</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 161.

- **Formación del tablero.**

Dado que los listones se pueden obtener por muy distintas vías, resulta evidente que sus longitudes variarán en función de las trozas, retales, etc. empleados para su obtención.

También es evidente que si el listón procede de la misma especie de madera, de la misma zona del tronco (duramen, albura) y además poseen todos la misma longitud, la estabilidad final del conjunto será muy alta. Pero como no siempre se puede conseguir esto, hay veces en que hay que recurrir a hacer uniones en las testas de los listones. Las uniones (en este caso son “empalmes”) más comunes son la unión plana o a tope y la unión dentada o unión de testa por multientalladuras.<sup>1037</sup> Las presiones ejercidas sobre el dentado son de:

<b>Para las coníferas<sup>1038</sup></b>				
	<b>Presión (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo de presión (sg)</b>	<b>Longitud de los dientes (mm)</b>	<b>Longitud listón (m)</b>
<b>LISTÓN</b>	2 a 5	6 a 8	> 25	6
	5 a 10		< 25	

	<b>Grosor del tablero (mm)</b>	<b>Tiempo de prensado (min.)</b>	<b>Adhesivo</b>	<b>Temperatura de fraguado (° C)</b>	<b>Presión (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Gramaje encolado (gr/m<sup>2</sup>)</b>
<b>TABLERO</b>	19	10	Adhesivos vinílicos de dos componentes.	50 - 70	0,5 - 1	100 - 300
	18	8	Colas de urea- formaldehído			
	30	14				

<sup>1037</sup> Según Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994.pág. 136, las posibilidades son: sin uniones de testa, con uniones, en testa plana o a tope y en testa con unión dentada.

<sup>1038</sup> Luis García Esteban y Paloma de Palacios, “La madera de pequeñas dimensiones en la fabricación de tableros alistonados y perfil laminado”, *Aitim*, nº 204, Marzo-Abril, 2000, Aitim, Madrid, pág. 26.



La unión de los cantos se produce de la misma manera como se explica al hablar de los tableros de alma enlistonada: puede ser acoplamiento plano o a tope o por medio del acoplamiento dentado<sup>1039</sup> o unión por muescas o entalladuras, de las que hablaremos más adelante. Lo último (año 2001) en líneas de ensamble de Grecon Dimter es la nueva HS 120 presentada en la Feria Ligna 2001.



Tableros alistonados de pino insigne.

En la actualidad las líneas de fabricación más modernas están totalmente automatizadas



Tableros alistonados.  
Cortesía de Michael Weinig.

: desde la alimentación, armado, encolado, prensado, etc. Todo este proceso lo realizan máquinas de última generación como la Contipress de GreCon Dimter y, últimamente, la máquina Profipress, también de GreCom Dimter.

El tablero hace años se presentaba en el mercado envuelto en hojas de



Tablero alistonado de pino insigne.

<sup>1039</sup> Más conocido como “unión” dentada.

plástico impermeable que había que retirar para su utilización. Actualmente no se presenta así con lo que se evita el problema de tener que esperar a que el tablero establezca su humedad de equilibrio higroscópico con el ambiente en el que se va a utilizar.



Tableros de madera encolada.  
Cortesía de Grecon Dimter.

## TABLEROS DE ALMA ENLISTONADA.

Otras denominaciones: Tableros alistonados<sup>1040</sup> o de carpintero (TI) o aplacados. Tableros Enlistonados. Tableros alistonados contrachapados. Tableros entablillados. Tablero grueso.<sup>1041</sup> Tableros encolados de tres gruesos. Tablero chapado. Tableros forrados de corazón macizo. Tableros de alma maciza. Tableros de alma llena. Panel con núcleo o alma de madera aserrada. Plancha de ebanistería. Planchas planas. Tablas de núcleo laminar, en bloques y alistonadas.<sup>1042</sup> Tablero laminado.<sup>1043</sup> Placas de carpintería. Placas para carpinteros. Tableros de listones. Tableros de alma de listones acoplados. Contrachapados.<sup>1044</sup> Tableros de alma gruesa. BLOCKBOARD. BATTEN BOARD. Tablero contrapeado.<sup>1045</sup> Hueco alistonados.<sup>1046</sup> Tableros de madera cruzada. Tablero juntado. Tablero armado.<sup>1047</sup> Tableros contrachapados enlistonados. Contrachapados con alma de madera. Tableros contrachapados laminados o LAMINBOARD.<sup>1048</sup> Madera prensada.<sup>1049</sup> Tableros de alma de latas.<sup>1050</sup> Tableros envarillados. Tableros contrachapados macizos.

### 7.2.2.9 Definición.

Son tableros constituidos por un alma o núcleo grueso que está formada por listones o trozos de listones<sup>1051</sup> de madera maciza, yuxtapuestos, sujetos entre sí por encolado u otros sistemas, y cubiertos por

---

<sup>1040</sup> Este término se usa para designar los tableros constituidos por listones o trozas de listones encolados por sus cantos y a los que dedicamos un capítulo, pero también se usan para designar los tableros de alma enlistonada más comunes, baratos, de listones más anchos y de menor estabilidad que los de varillas, cuyos listoncillos son más finos y estables.

<sup>1041</sup> Referido a los tableros de alma enlistonada que poseen dos chapas decorativas como chapas exteriores y dos contrachapas gruesas encoladas entre éstas y el alma.

<sup>1042</sup> Frank Underwood & Gordon Warr, *Carpintería*, Editorial Alhambra, S. A., 1ª edición española, Madrid, 1984.

<sup>1043</sup> Aunque, más exactamente reciben este nombre los tableros cuyo núcleo está formado por las varillas o laminillas más finas, siendo las de mejor calidad.

<sup>1044</sup> No es de extrañar encontrar la denominación de “contrachapado” y “contrachapado corriente” para este tipo de tableros.

<sup>1045</sup> Aunque este término es más corriente en los tableros contrachapados.

<sup>1046</sup> Este término se utiliza de una manera muy concreta en cierto tipo de tableros alistonados, pero nunca de manera genérica.

<sup>1047</sup> Este término aparece en Mike Lawrence, op. Cit., pág. 88, referido a los tableros de alma enlistonada de listones más anchos y como ya dijimos, “Laminboard” lo utiliza para designar el resto de tableros, de mejor calidad, que nosotros clasificamos como “tableros de laminillas”. El término “tablero armado” se trata en un capítulo aparte, como tableros precursores de los tableros mixtos y que se utilizaron para la fabricación de puertas, entre otras cosas.

<sup>1048</sup> Reciben esta denominación los tableros cuya alma está formada por chapas de canto, pero su precio suele ser muy elevado. El término (laminboard) aparece en la norma UNE-EN 313-2:2000 y también se hace eco de él Mike Lawrence, *Carpintería y vidriería*, ed. Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1995, pág. 88.

<sup>1049</sup> Esta denominación es un tanto extraña para un tablero de estas características, aparece en Yarwood, op. Cit., pág. 25. Debe referirse a que las capas se encolan y se prensan.

<sup>1050</sup> Término que aparece en Hugh Jonson, op. cit., pág. 232.

<sup>1051</sup> Más adelante se especificarán los distintos tipos de elementos de madera maciza, además de listones, que configuran los núcleos de estos tableros.

chapas que forman las caras, normalmente de la misma especie que el alma.

En la norma UNE-EN 313-2:200 queda clasificado dentro de los tableros contrachapados. Nosotros hemos preferido, por razones pedagógicas, no contribuir a crear más confusión incluyéndolos en esa clasificación, pues el concepto generalizado que se tiene del contrachapado es el del tablero formado exclusivamente por chapas orientadas paralelamente al plano del tablero (lo que se conoce por “tablero contrachapado en chapas”).

Las caras de los listones que están en contacto entre sí son perpendiculares<sup>1052</sup> a las chapas exteriores.

El alma recibe también el nombre de “madera de soporte” o “ciega” y su veta es perpendicular a las fibras de las chapas de cara, cuando el tablero está formado por tres capas<sup>1053</sup>, y paralelo a las mismas cuando lo está por cinco capas. Suele tener un grosor superior a los 5 mm.

Lo interesante de este tablero es la distribución de los elementos que lo forman y lo que con ello se consigue:

El principio de la misma consiste en contrarrestar el trabajo de un grueso cuerpo de soporte con chapas delgadas encoladas a ambas caras, de manera que sus vetas quedan atravesadas, gracias a este artificio la madera de soporte no puede trabajar, especialmente en el sentido de su anchura, contrayéndose o hinchándose, es decir, alabeándose”.<sup>1054</sup>

Esto no es del todo cierto, ya que, a pesar de tomar todas esas precauciones, no se podrá evitar un cierto “trabajo” del alma del tablero, pero lo que sí es cierto es que serán tan mínimas las diferencias de grosor que apenas serán perceptibles:

Por esto, los tableros enlistonados gruesos tienen su núcleo central constituido generalmente por láminas de madera, ofreciendo esto la ventaja especial de que en toda la sección transversal existan anillos de crecimiento en posición vertical, es decir, ortogonales a la laminación del tablero, y así este no

---

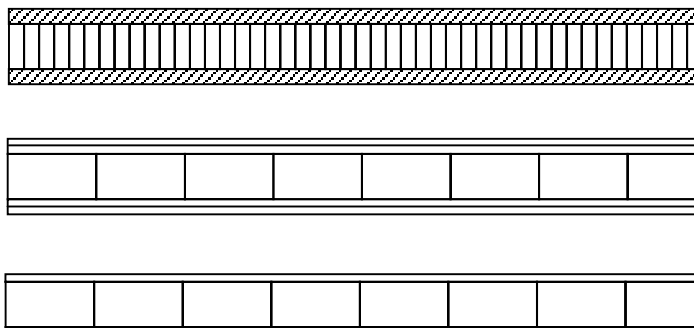
<sup>1052</sup> El alma está cubierta por una o más chapas encoladas a ella en contramalla.

<sup>1053</sup> Los de tres capas o estratos son los más comunes.

<sup>1054</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 159.

soportará tensiones en su capa intermedia al contraerse o al hincharse.<sup>1055</sup>

Hablamos, claro está, de tableros realizados correctamente, de los que se hablará más adelante.



### 7.2.2.10 Historia.

Los primeros tableros de este tipo recibieron el nombre de “tableros de carpintero” porque eran similares a los que construían los artesanos ebanistas para hacer sus muebles, y de hecho vinieron a sustituir a aquellos.

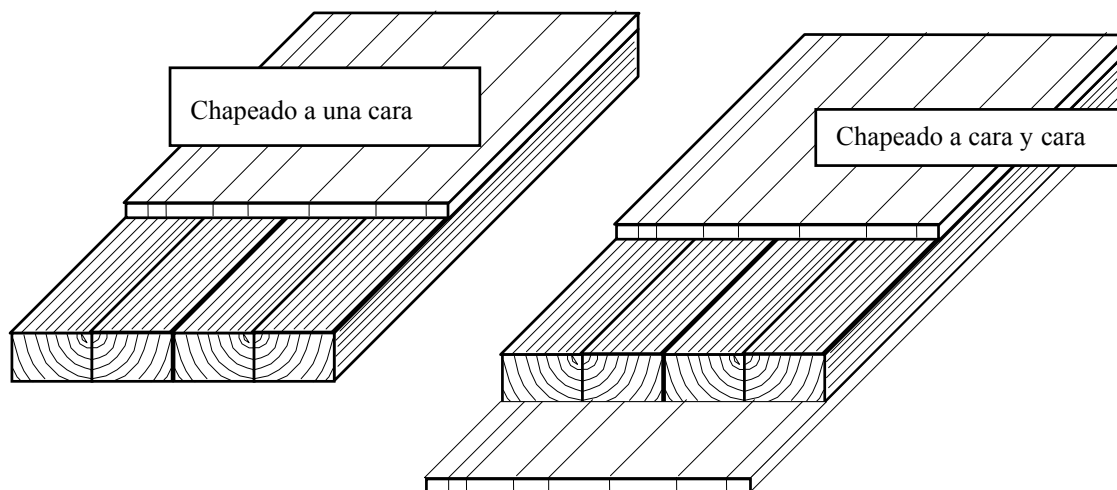
Realmente los carpinteros y ebanistas lo que hacían eran chapear “a una cara” o “a cara y cara” unas maderas ciegas o de soporte, pero con el único fin de decorar la superficie, al igual que en su momento hicieron ya los egipcios.

La diferencia importantísima con los tableros de alma enlistonada es que en estos el encolado de chapas para formar las caras se hace con fines estructurales (técnico-constructivo).

Los antiguos no sabían esto, pero estudios posteriores revelaron (finales del XIX y durante todo el XX) que esa chapa aplicada en estos tableros o a los aglomerados o a los de fibras, aumentaban considerablemente sus resistencias (sobre todo a flexión) y con ellos mejoraban su resistencia a la deformación estructural.

---

<sup>1055</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 447.



Estos tableros eran excelentes, pero su precio se disparó. Esta fue una de las razones por la que prácticamente desaparecieron, la otra fue que su fabricación no era sencilla y existían muchas dificultades para ello:

Incluso el artesano ebanista que encontró en este tipo de tableros un medio de conseguir excelentes planos superficiales ya chapados con una madera noble o exótica de calidad, también ha ido renunciando a ellos no sólo por su precio sino por la dificultad de conjugar la dirección de las chapas en los muebles, de modo que estuviesen compensadas estructuralmente en relación con los listones de soporte, es decir, teniendo cuidado de que sus fibras estuviesen dispuestas en el sentido correcto y que al hacerlo así, se pueden conjugar el aspecto del veteado de unos planos horizontales con los laterales del mueble.

Por ello los tableos alistonados chapados se fueron relegando poco a poco hasta que finalmente sólo se empleaban en pequeños muebles en los que no tenía importancia la resistencia y la dirección de las fibras que constituían el soporte..<sup>1056</sup>

#### 7.2.2.11 Materiales.

Se trata de un producto caro por el tipo, cantidad, calidad de los materiales y proceso de fabricación.

Para conseguir 1m<sup>3</sup> de tablero de 19 mm de grosor, se necesitaban:

- 1,90 m<sup>3</sup> de madera de coníferas.
- 0,60 m<sup>3</sup> de madera de coníferas de desenrollo.

---

**Total:** 2,50 m<sup>3</sup> de madera de calidad<sup>1057</sup>

<sup>1056</sup> Otto Maier, op. cit., pág. 17.

<sup>1057</sup> Ramiro V. Puig Soler, “Evolución de los tableros de partículas”, *Montes*, año XXIII, nº 133, Ene-Feb., 1967, Montes, Madrid, pág. 34.

- **Madera soporte, madera ciega o alma, tabla base.**

Siempre que se pueda, la madera con la que se fabrique la tabla base, deberá tener una estructura lo más regular posible, es decir, que no exista gran diferencia de dureza en sus anillos, etc. (más adelante se insistirá en esto) ya que todos los movimientos que se generan en este núcleo serán transmitidos a las caras y éstas a las preparaciones o aparejos, capa pictórica, etc., originándose un efecto dominó.

La madera soporte suele ser de coníferas: pino<sup>1058</sup>, abeto, picea, etc. A veces también de álamo o chopo, aliso, sauce, tilo.

Suele emplearse la madera más abundante de la zona para tableros de poca calidad y de todo uso. Para tableros de calidad, la madera se escoge por sus mejores características.

La madera a de haber alcanzado su pleno desarrollo. Debe estar exenta de defectos de crecimiento (torcimientos) o de aserrado.

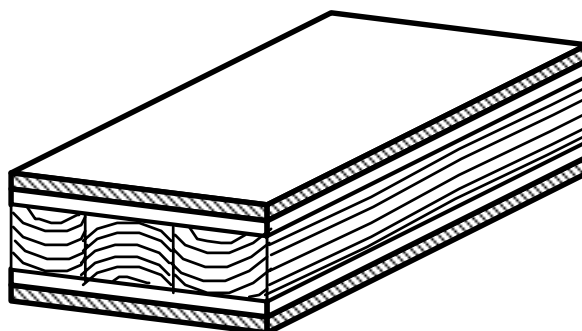
Cada listón debe tener perfectamente definidos sus anillos anuales y ser textura análoga (existen grandes diferencias entre los anillos de la parte interior y de la parte externa).

La madera del centro, la más vieja, por estar cerca del núcleo es de una textura mucho más compacta, ya que está compuesta de células diminutas. Esta madera está “reposada” y es mucho menos propicia a alteraciones que la madera joven del tronco.

Para su elaboración se emplean tablas de 6 a 10 cm. De anchura correspondientes al corazón, es decir, tablas mediales y aun solamente las del centro. Las tablas encoladas de este modo están constituidas no sólo por la madera más reposada, sino que poseen los anillos anuales más homogéneos. La madera debe estar en perfectas condiciones de secado.

Los listones de estas cualidades sólo es posible lograrlas con las tres tablas mediales de un árbol.<sup>1059</sup>

- **Chapas (tableros de 3 ó 5 capas).**

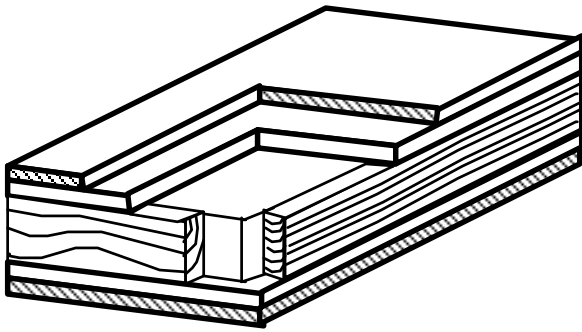


Panel de 5 capas.

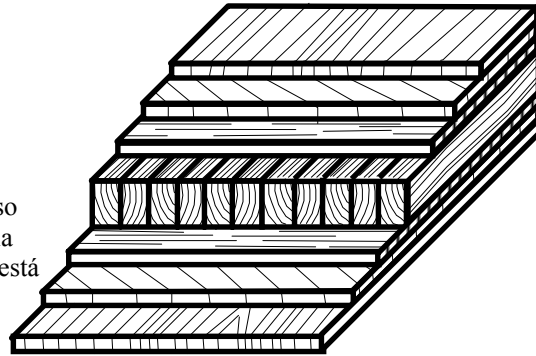
---

<sup>1058</sup> Pino negro, pino de Weymouth.

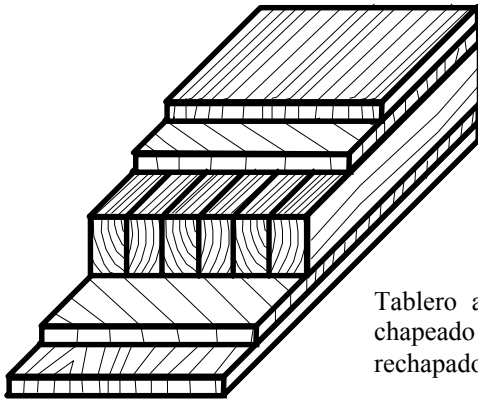
<sup>1059</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 159.



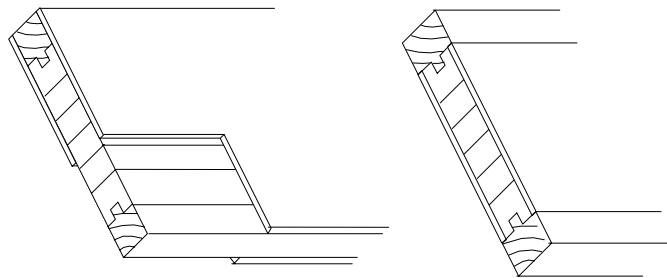
Panel de 5 capas con filetes marginales o guardacantos.



Tablero alistonado que, a diferencia del caso anterior, tiene una chapa a contraveta previa alchapeado diagonal y que posteriormente está recubierto un rechapeado en madera noble también.



Tablero alistonado. Puede apreciarse el primer chapeado en diagonal (o chapeado atravesado) y rechapeado con chapas de madera noble.



Tableros destinados a la fabricación de puertas en los que podemos apreciar los guardacantos machihembrados y las dos posibilidades: que las chapas de cara cubran o no a los guardacantos.

#### - Chapa vista.

En los tableros de varillas se utilizan especies como el abeto y el pino de Flandes. Otras especies empleadas son el chopo, Ocumé y Limba.

#### - Contrachapa.



Las contrachapas<sup>1060</sup> no se deben confundir con las chapas de compensar o de compensación, de las que se hablará a continuación.

Suelen utilizarse para evitar que otras chapas de cara, de mayor calidad que ellas, se puedan agrietar. Sirven como capa intermedia, a 45° o a 90°, entre el tablero soporte y la chapa de revestimiento.

- **Chapa de compensación.**

La Madera soporte deberá estar estructuralmente equilibrada, de tal manera que si encolamos una chapa en una de las caras, tendremos que compensar encolando en la otra cara una chapa de idénticas características: grosor, especie, posición en el tronco, etc.

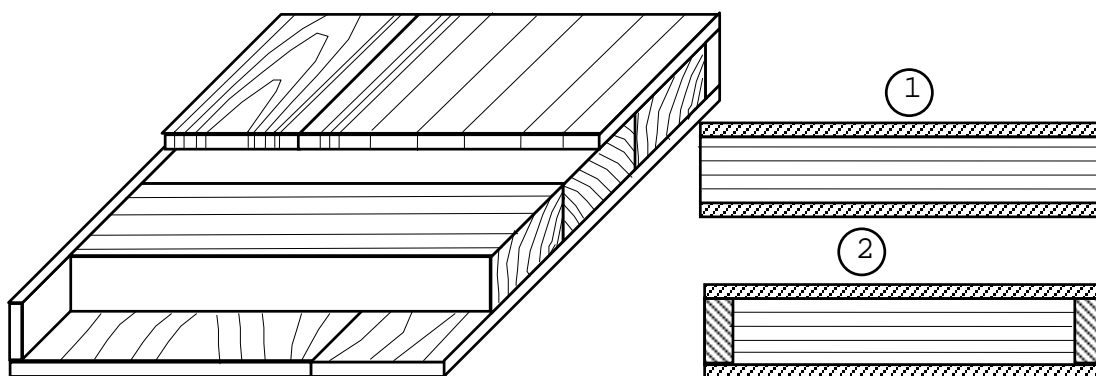
En los chapeados de muebles se utilizaron las chapas de compensación pero estas eran de madera baratas porque iban a quedar ocultas y así se ahorra dinero.

En caso de no usar estas chapas, el tablero podría arquearse y despegarse la chapa de cara.

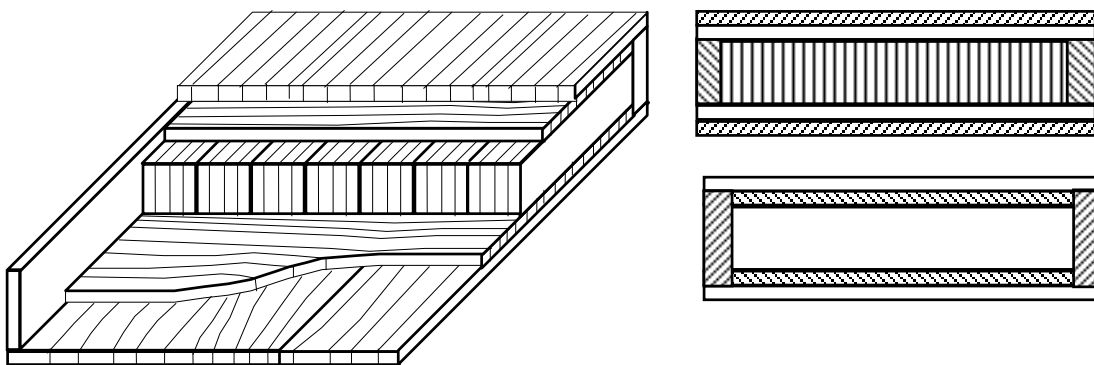
- **Guardacantos.**

Otras denominaciones: **filetes marginales. Listones encolados en los bordes.**

Estos tableros, pese a ser bastante compactos, al cortarlos, sus cantos no siempre son continuos (no se consiguen cantos limpios) porque puede haber algún hueco entre listones.



<sup>1060</sup> También se comenta en el capítulo referido a chapas.



- **Adhesivos.**

Habitualmente se suelen utilizar adhesivos de Urea-formaldehído, Urea-melamina-formaldehído, Acetato de polivinilo.<sup>1061</sup>

#### 7.2.2.12 Proceso de fabricación.

La madera soporte debe tener, por lo menos, el mismo grosor que la suma de los dos “gruesos” exteriores [chapas de cara]. Los gruesos de madera dura no han de ser muy recios, pues se corre el riesgo de que trabajen demasiado, es decir, que se rajen por el sitio donde se juntan [en el caso de formar las caras por más de una chapa].<sup>1062</sup>

- **Proceso de fabricación de la madera soporte.**

Consta de los siguientes pasos:

- **Proceso de fabricación de los tableros de alma enlistonada de tablillas y de los tableros de tablillas sueltas.**

El sistema de fabricación de ambos tableros es el mismo, lo único que varía es el encolado o no de las tablillas.

Como veremos en la clasificación general de los tableros alistonados, los núcleos pueden ir encolados o no:

El encolado de las tablillas, en el verdadero sentido de encolaje, no se lleva a cabo completamente. Por las investigaciones se ha comprobado que un tablero de tablillas sin encolar tiene la misma resistencia a la flexión que uno encolado.<sup>1063</sup>

<sup>1061</sup> Puede completarse la información consultando los adhesivos utilizados en la fabricación de los tableros alistonados.

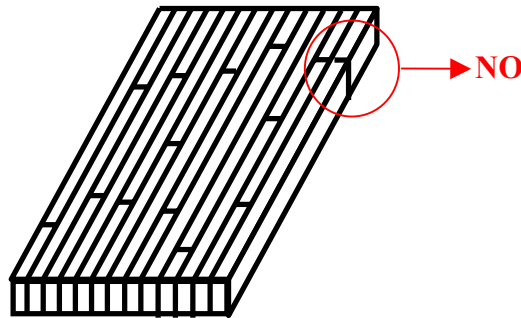
<sup>1062</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 169.

<sup>1063</sup> Fritz Spannagel, op. cit, pág. 166.

Dado que las tablillas que vamos a usar no siempre van a tener la misma longitud que el tablero, tendremos que usar tablillas más cortas, pero perfectamente escuadradas de tal manera que la unión en sus testas sea lo más perfecta posible.<sup>1064</sup>

El resultado final será algo parecido a la madera laminada empleada en la fabricación de elementos estructurales en la construcción, pero con diferencias en cuanto a escuadrías, presiones, encolado y sistemas de ensamblaje en las testas.<sup>1065</sup>

Con el fin de no debilitar las uniones se debe procurar no colocar dos, o más de dos, uniones de testas juntas.



- **Eliminación de defectos.**

Otro punto importante a tener en cuenta es que se tiene la opción de poder eliminar todos los defectos de las tablillas antes de realizarse el tablero. Estos defectos suelen ser nudos, fendas y bolsas de resina. Este asunto es importantísimo, recordemos que uno de los conceptos en los que se basan los laminados es precisamente el tener la posibilidad de eliminar o reducir o diluir los defectos, repartiéndolos por todas las láminas (véase información correspondiente).

- **Ensamblado de listones.**

Tenemos dos posibilidades<sup>1066</sup>, que vayan o que no vayan encolados:

a) Encolados: El encolado, en este caso, no es total. Lo realizan unas máquinas que efectúan un encolado en unos puntos determinados, situados a una distancia de 30 ó 40 cm entre sí. Con esto queda garantizada la unión de las tablillas.

b) Sin encolar: Aquí tenemos otros dos sistemas:

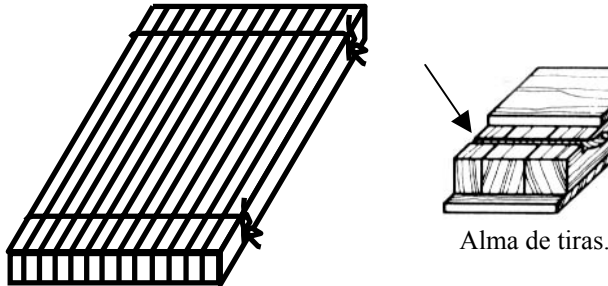
---

<sup>1064</sup> Estas uniones se hacen por “simple unión” o “unión a tope”

<sup>1065</sup> Normalmente o muy corrientemente se utiliza la unión dentada o unión por multientalladura (finger-joint).

<sup>1066</sup> Véase Fritz Spannagel, op. cit., págs. 161 y 166.

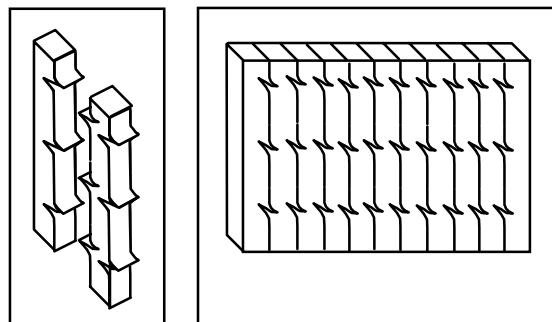
- Por atado: no existe ningún encolado. Los listones tienen una pequeña entalladura en el canto, en la cual se introduce una fina cuerda que sirve de ligazón a los listones (a este tipo de alma se le denomina persiana). Los listones permanecerán unidos entre sí gracias al encolado de las chapas que formarán las caras del tablero. Buen sistema para listones de la misma longitud.



También podían ir encolados y atados. A veces, para mantenerlos más unidos, se les introducían unos flejes dentados de acero que se quitaban con el secado del tablero.<sup>1067</sup>

- Por muescas o entalladuras: Este sistema es bueno para ensamblar tanto listones como trozos de listones y así forman el tablero.

Consiste en practicar unas muescas en las superficies de contacto de los listones y de esta



manera evitar el movimiento de los listones.<sup>1068</sup>

- **Proceso de fabricación de la madera soporte de los tableros de alma enlistonada de varillas y de laminillas.**

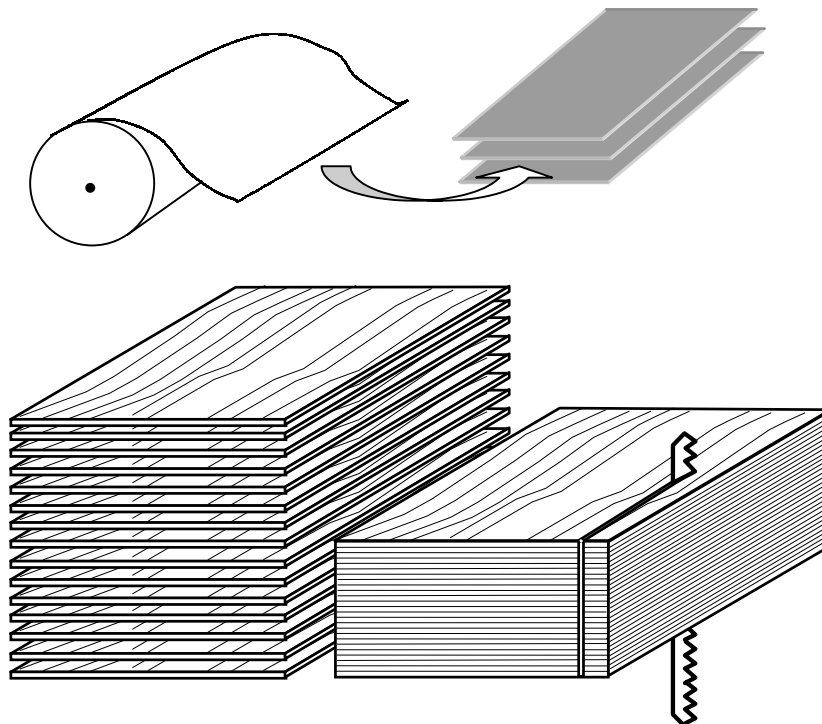
<sup>1067</sup> Para información más detallada de la máquina de acoplar listones por encolado y atado vid. “Máquinas para fabricar chapas y madera cruzada” en *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978.pág. 1046-1047.

<sup>1068</sup> Vid. Fritz Spannagel, op. cit.,pág. 161.

En este tipo de tableros se sustituyen los listones por chapas obtenidas por desenrollo. Dependiendo del tipo del tipo de tablero (varillas o laminillas) el grosor de las chapas varía (ver clasificación).

En el caso del tablero de LAMINILLAS las chapas, una vez cortadas, son encoladas entre sí con el fin de que todo el tablero quede compuesto por chapas de la misma especie, adquiriendo de esta manera mayor estabilidad:

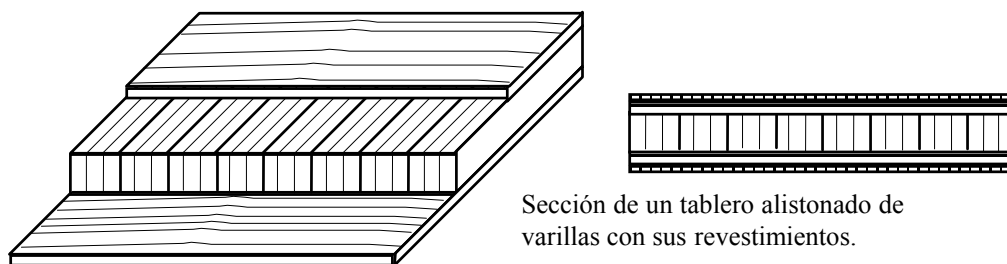
Las chapas tan sólo se encolan por la cara inferior mediante una máquina continua. De este modo se logra una notable economía en el proceso de encolaje. Cuando se han reunido las capas necesarias, se lleva el bloque a la prensa hidráulica y una vez listo se corta con auxilio de una sierra de cinta, según el grosor necesario.<sup>1069</sup>



El aspecto de la madera de soporte vista de testa, aparece como unos rectángulos más o menos largos.

---

<sup>1069</sup> Idem, pág. 167.



Son los mejores tableros alistonados que existen por la razón que antes se comentaba y por la ubicación de sus anillos anuales: Como el arranque de la chapa se realiza siempre en la dirección de los anillos anuales, la testa de estas chapas muestra dichos anillos siempre en situación paralela, por lo que una vez encoladas las chapas en un bloque y al ser aserradas transversalmente, proporcionan una especie de listones estrechos en los cuales, vistos de testa en el tablero, los anillos quedan completamente perpendiculares. Esta sección de testa revela la principal característica de los tableros alistonados de varillas.

- **Proceso de fabricación de la madera soporte de los tableros de alma enlistonados de bloques (tableados).**

El proceso es el mismo que el usado para obtener los tableos de carpintería o alistonados (a secas).

Según Spannagel este procedimiento quedó obsoleto por motivos de tipo económico quedando relegado, a mediados de la década de 1970, a unas pocas fábricas<sup>1070</sup>.

Se trata de encolar una serie de tablas de especie y calidad similar, para formar unos bloques que posteriormente serán aserrados para obtener los tableros.

- **Selección de las tablas.**

Como ya comentamos, es habitual la madera de coníferas en este tipo de tableros. Se procurarán tablas con el menor nº de defectos posible. Más tarde se eliminarán los que queden.

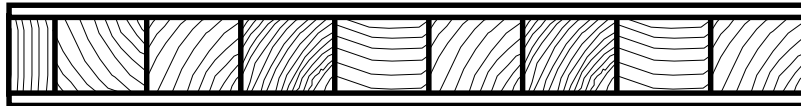
- **Colocación adecuada de las tablas.**

---

<sup>1070</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 162.

Dado que de la fortuna que se tenga a la hora de elegir, ordenar y encolar las tablas dependerá la calidad del tablero y parte de sus características, se tendrá especial cuidado en colocarlas de manera que las que tengan características similares vayan juntas.

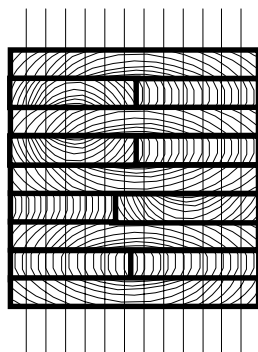
Tablero alistonado industrial, ejemplo de cómo no debe ser:<sup>1071</sup>



Hay que evitar la mezcla incontrolada de:

- Duramen y albura.
- Anillos anuales muy desarrollados junto con otros menos desarrollados.

El motivo es que la tabla obtenida de duramen y albura tiene un juego totalmente diferente (lo mismo ocurre con los anillos anuales) por lo tanto, si las tablas que componen el tablero tienen movimientos diferentes, estos se harán evidentes y se producirán deformaciones que se harán evidentes en las caras en forma de abultamientos y hundimientos y, a niveles estructurales, alabeos, torcimientos, etc.



Ejemplo de un mal encolado de bloque destinado a alistonados.

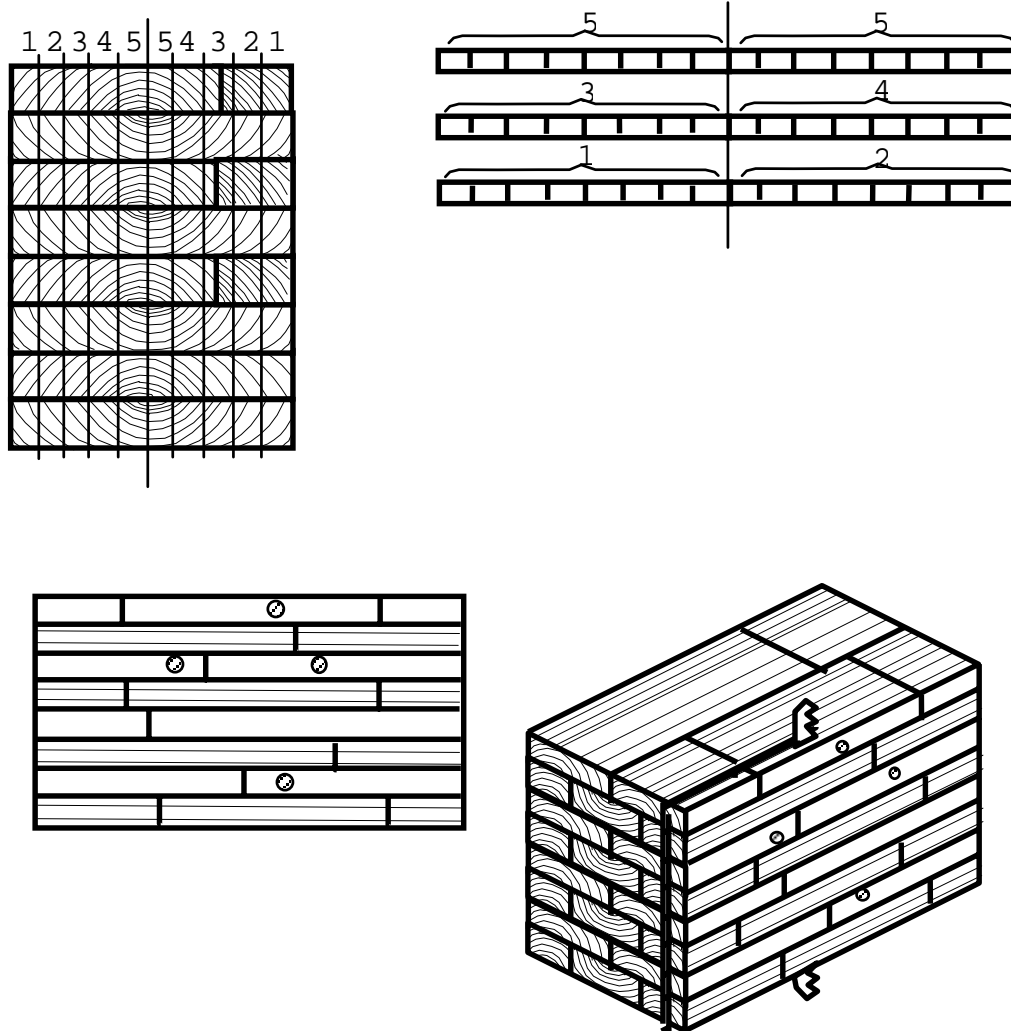
○ **Encolado de las tablas: formación del bloque.**

Procedimientos:

- **Procedimiento partiendo de varias tablas.**

<sup>1071</sup> Idem., pág. 165.

No importa el tamaño a niveles de longitud y anchura, una vez encoladas formarán un solo bloque. Conseguir las tablas con las mismas medidas sería caro y producirá muchos desperdicios, por eso se aprovechan trozos más pequeños. Un ejemplo sería el siguiente:<sup>1072</sup>



Una vez encoladas las tablas y formado el bloque, se prensa y se espera a que fragüe el adhesivo.

Se procede a cortar el bloque en forma de tableros con un grosor y a predeterminado. A continuación se eliminan los nudos con brocas de corona y se restauran los huecos con piezas cilíndricas de la misma especie y dimensiones.

<sup>1072</sup> Vid. Fritz Spanngel, op. cit., pág., 162.



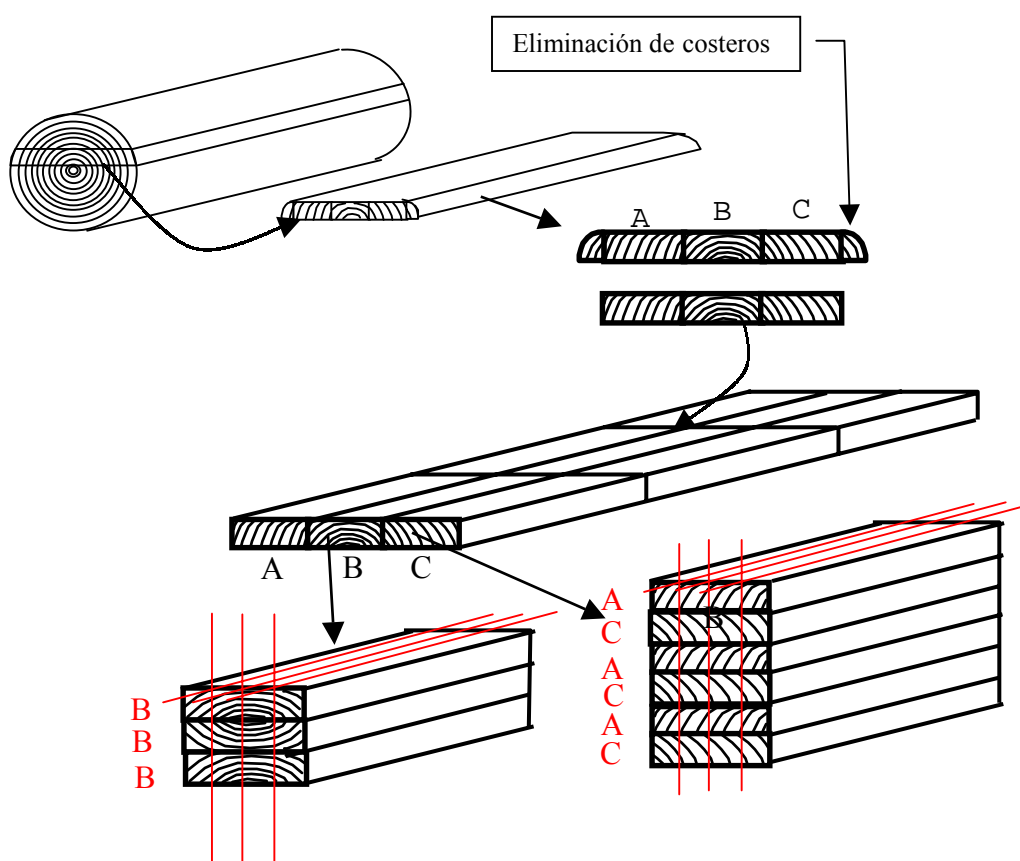
Habrá que espesor a que el tablero se seque, pues habrá absorbido humedad durante el proceso de encolado y eliminación de nudos (evidentemente s  el disolvente del adhesivo fuera de tipo acuoso).

A partir de ahí y una vez estabilizado el tablero, se procederá a su dimensionado, etc.

□ **Procedimientos partiendo de una sola tabla.**<sup>1073</sup>

Se emplea para tableros de pequeño formato.

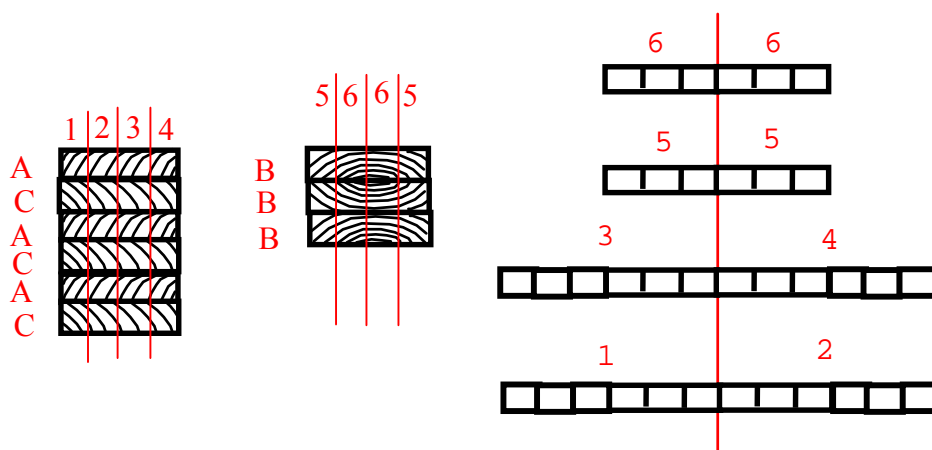
Partimos de la tabla que dividimos en tres partes.



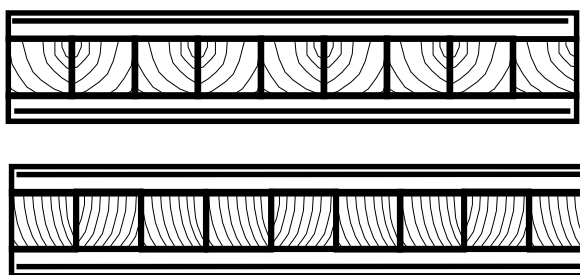
Una vez colocadas, las tablas se encolar n siguiendo el criterio de homogeneidad, es decir, colocarlas de tal manera que sus características sean similares para así amortiguar el “trabajo” de la madera.

Más tarde se cortarán con grosores determinados y se unirán par formar los tableros definitivos:<sup>1074</sup>

<sup>1073</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 162.



Se dejarán secar y se procederá a su chapeado.



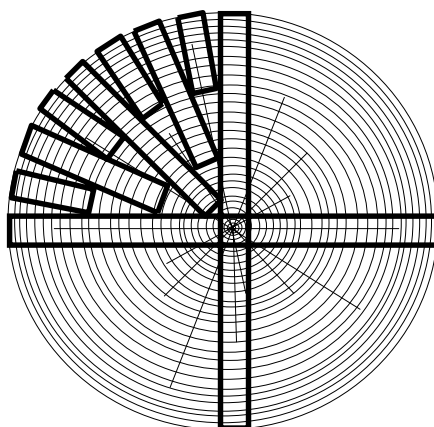
Secciones de diferente grosor de tableros obtenidos por este procedimiento de bloques.

#### ❑ Procedimiento partiendo de tablas corte radial.

Este sistema sería el ideal si no fuera porque resulta muy caro y con unas pérdidas de material muy considerables.

Además requiere maquinaria muy especializada que no se encuentra fácilmente en cualquier taller.

Si no fuera por esto sería el corte de listones ideal para la fabricación de tableros, porque su estructura es casi perfecta (perpendicular respecto a las caras) en cuanto a los anillos anuales. En el siguiente dibujo de Spannagel puede apreciarse la rectitud de los anillos visibles en las tablas obtenidas con este corte.<sup>1075</sup>



<sup>1074</sup> Vid. Fritz Spannagel, op. cit., pág., 162.

<sup>1075</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág., 162.

- **Chapeado de la madera soporte.**

Chapear estos tableros es una operación similar al chapeado de tableros de carpintero o al chapeado efectuado por los ebanistas en la realización de sus muebles.

La diferencia es que en estos tableros el procedimiento es industrial y consiste en lo siguiente:

(...) Esta contramalla cubierta de cola se tiende sobre la chapa de superficie, con su veta en ángulo recto con ella, y la tablilla central o alma se coloca encima de la contramalla encolada, también con las vetas en ángulo recto respecto de ésta y por tanto con a veta de la chapa de superficie. Una 2ª contramalla se pasa por el rodillo encolador y se pone sobre el alma, con la veta en ángulo recto con la de la misma. Por último se extiende una 2ª chapa superficial, o chapa de respaldo, sobre la 2ª contramalla, de manera que la veta de esta 2ª chapa de superficie que a la veta de la 1ª chapa superficial. Esta operación se va repitiendo para hacer otros paneles hasta que se forma una pila de una altura determinada que se colocará en la prensa.<sup>1076</sup>

Posteriormente a la incorporación las chapas que conformarán sus superficies, se procederá al prensado del conjunto.

Hay que tener mucho cuidado con los revestimientos utilizados para evitar problemas con el alma:

Un chapeado que no sea excesivamente delgado, con su correspondiente capa intermedia de cola, protege a la madera de soporte de los cambios de temperatura. Incluso si la superficie no está barnizada, la chapa resistirá mejor y será más sufrida que una simple madera.

Maderas idóneas de soporte: abeto, picea, pino, álamo...

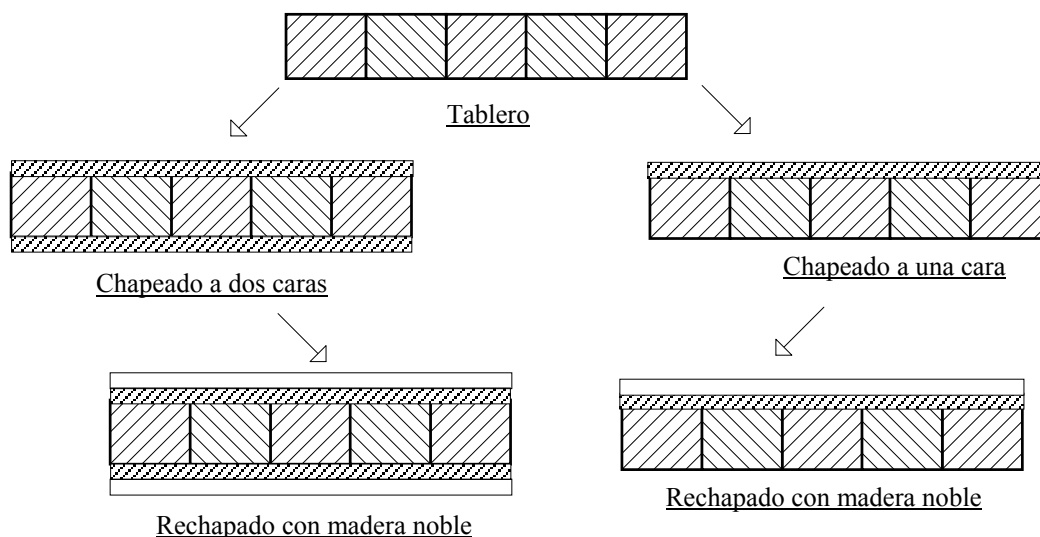
En los chapeados sencillos (chapeado a una cara), las fibras de la chapa están dispuestas en el mismo sentido que la madera de soporte.

Los revestimientos sobre un soporte delgado es conveniente realizarlos al través, resultando un contraplacado. Es indispensable que la chapa sea por lo menos de 0,8 mm y que la madera de soporte carezca de anillos anuales endurecidos como ocurre con el pino o el abeto *cuyas vetas se transparentan a través de una chapa delgada*<sup>1077</sup>

---

<sup>1076</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 140.

<sup>1077</sup> Fritz Spannagel, op. cit, pág. 61-62.



### 7.2.2.13 Características.

Es un tablero muy fuerte, rígido, compacto y plano.

Poco usado y conocido como soporte pictórico por lo caro y pesado<sup>1078</sup> que resulta.

Como ya vimos, su construcción nos informa de algunas de las características de este tablero: las chapas de cara compensan los posibles movimientos que pudieron tener los elementos que forman el alma.

En sentido longitudinal sabemos que la madera apenas merma, que es en sentido transversal, sobre todo en el tangencial, en el que sufre el mayor juego, por eso al ser los listones, tablillas, etc. de pequeños grosores estos movimientos se verán amortiguados:

El núcleo de los contrachapados [tableros de alma enlistonada] bien hechos está compuesto de listones seleccionados de manera que no presenten una estructura de grano continuo y uniforme; si el núcleo fuera una sola tabla, o constara de piezas cortadas de la misma tabla, habría más probabilidades de que se arquearan o se rajaran a la vez.<sup>1079</sup>

De todo esto se desprende que podemos fabricar tableros con grandes superficies y que no necesiten de grandes grosores para ser estables. Pero

<sup>1078</sup> Aunque, realmente, en relación con el grosor que suelen tener estos tableros, no resultan excesivamente pesados, y realmente son tableros casi indeformables y muy resistentes. En igualdad de grosores son más ligeros que los contrachapados.

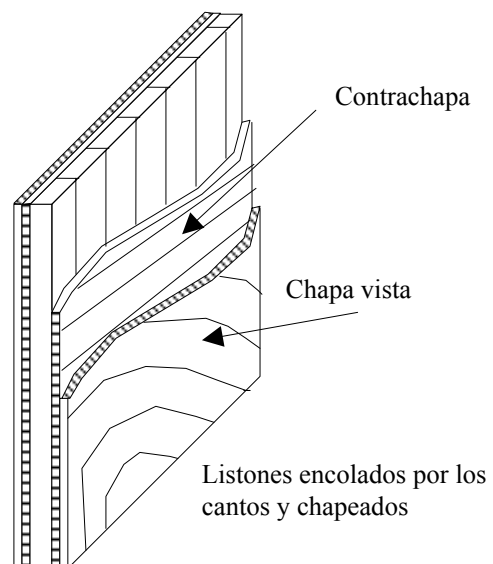
<sup>1079</sup> Ralph Mayer, o. cit., pág. 233.

lo que es evidente es que esa estabilidad viene dada por la procedencia de la materia prima usada y por el método de fabricación que se explicará más adelante.

En igualdad de grosores, estos tableros son más caros que los demás tableros derivados de la madera, dado que su precio y calidad van a depender de varios factores:

- Tipo de listones utilizados en el alma:
  - + Especies usadas.
  - + Calidad de los mismos: defectos posibles...
  - + Grosor.
- Disposición de los listones (de sus anillos de crecimiento):<sup>1080</sup>
  - + Correcta (equilibrio de tensiones).
  - + Incorrecta (colocación arbitraria)
- Tipo de unión de los listones:
  - + Encolada (por el precio de la cola, porque parece ser que la resistencia a flexión no varía estando o no encolado).
  - + Sin encolar: separados o juntos.
- Tipo de adhesivo.

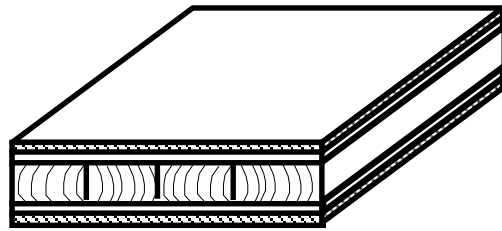
Según Jackson estos tableros son una variedad de tableros contrachapados de construcción laminados y se diferencian de los contrachapados convencionales en que el alma está formada «(...) por diversos listones de madera prácticamente escuadrados y unidos a tope, pero sin encolar. El núcleo está recubierto, por ambos lados por una o dos placas»<sup>1081</sup>



<sup>1080</sup> La calidad aumenta conforme aumenta la estabilidad del tablero, a la par que su precio, y esta estabilidad se consigue liberando a los listones de toda la tensión posible.

<sup>1081</sup> Jackson, op. cit., pág. 36.

Una vez encolados los listones entre sí, se nivelan las caras y se recubren con chapas (contrachapas) con la fibra al través. Sobre esta contrachapa se aplican las chapas vistas. Es importante que a las dos caras se apliquen chapas de igual espesor. A veces se omite la contrachapa, pero los resultados no son tan seguros y, a veces, se pueden transparentar los listones si las chapas de cara son muy finas.









Como veremos más adelante, los núcleos pueden estar formados por listones más o menos gruesos que lo que es imprescindible, para construir un buen tablero. Sus vetas o anillos deben estar compensados, es decir, minimizar los posibles juegos de los listones.

#### **7.2.2.14 Tipos de tableros.**

Podemos realizar varias clasificaciones, atendiendo al grosor de los elementos integrante de los núcleos, a si están encolados o no entre sí, a si esos elementos están estriados o no, a si los tableros están rechapados o no con maderas nobles, etc.

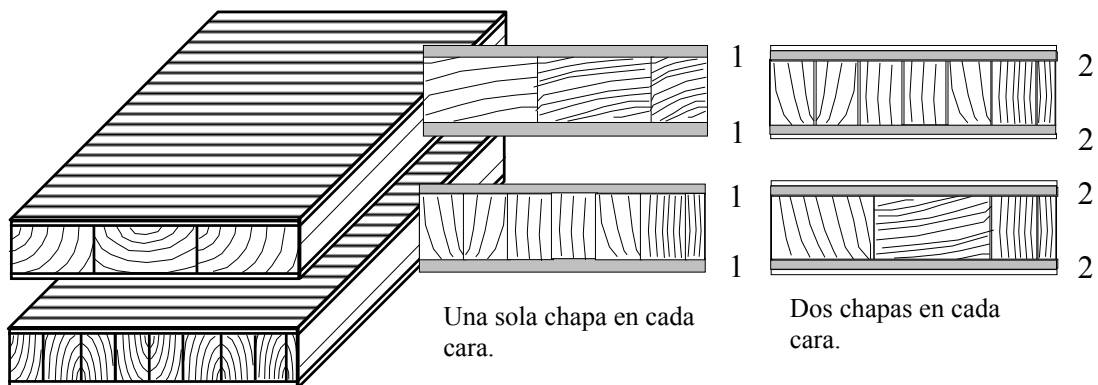
Nosotros vamos a hacer una primera clasificación en función del grosor de los elementos del núcleo y de si están o no encolados entre sí, para más tarde estudiar un punto interesante: los tableros estriados.

TIPOS DE TABLEROS DE ALMA ENLISTONADA					
DENOMINACIÓN GENÉRICA	DENOMINACIÓN ESPECÍFICA	MATERIAL QUE CONFIGURA EL ALMA	GROSOR DE LISTONES, CHAPAS, ETC. QUE CONFIGURAN EL ALMA.	LISTONES ¿ENCOLADOS ENTRE SÍ?	NOTAS
TABLEROS ENTABILLADOS	- Tableros alistonados de varillas. - Tableros de varillas (STAE)	CHAPAS 	De 5 a 8 mm	Sin encolar, separados o juntos	- Problemas al ser cortados. - Chapas de canto
	- Tableros de alma laminada.		Inferior a 7 mm	Encoladas o no	- Capas iguales o no.
	- Madera laminar		≤ 6 mm		
	- Tableros de LAMINILLAS o tablero LAMINADO. - Tablero BLOQUE-LAMINADO.	Chapas o LISTONCILLOS 	De 2,5 a 4 mm (Máximo grosor 10 mm)	Encolados	- De muy buena calidad para trabajos de chapas pues el núcleo se hace menos evidente. - Muy caros (son los más caros). - Chapas de canto. - Anillos verticales.
TABLEROS ENLISTONADOS	- Tableros alistonados de TABLILLAS - Tableros alistonados normal (ST) - Tableros de LISTONES.	LISTÓN ANCHO (Preferentemente de tipología cuadrada) 	De 24 a 30 mm	Encolados	
	- Tableros alistonados de TABLILLAS SUELTAS - Tableros de TIRAS (SR) - Tableros de alma maciza		De 24 a 30 mm	No Encolados	Genera problemas al ser cortados
	- Planchas de ebanistería		De 13 a 45 mm	Encolados	DIN 4078
	- Núcleo de bloques		≤ 19 mm		
TABLEROS TABLEADOS	- Tableros de bloques	LISTÓN MUY ANCHO 	Listones muy anchos.	Encolados	
	- Tablero Alistonado (Misma denominación que los tableros alistonados no rechapados.)		Ancho no superior a 30 mm.	Encolados o no.	
	- Núcleo de listones o Alistonado.		≤ 76 mm		
TABLEROS HUECO-ALISTONADOS	- Tableros alistonados huecos.	LISTÓN ANCHO (Preferentemente cuadrado) 		Sin encolar	Separación entre listones un poco mayor que la anchura de los mismos.
TABLEROS ESTRIBADOS	- Tableros ranurados.	LISTÓN ANCHO O ESTRECHO 			Una o más ranuras en función de la anchura del listón.

- **Clasificación según la constitución del alma.**

Se clasifican según la naturaleza del núcleo en varios grupos:

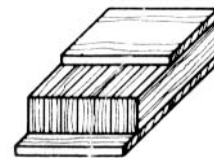
- **Tableros alistonados de VARILLAS y tableros laminados.**



Tablero de bloques

En ellos se establece un grosor de varillas máximo de 10 mm.

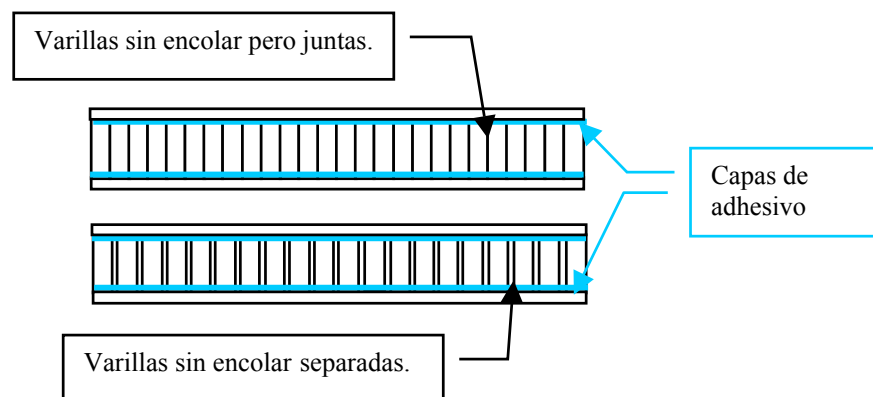
Son tableros cuyos núcleos están formados varillas de anillos verticales, conformando así un soporte muy estable, por eso son los más caros.



Alma de varillas

Los tableros de varillas (STAE).

Conforma este tablero un alma compuesto por pequeñas varillas con un grosor de 5 a 8 mm, pudiendo estar juntas o separadas pero simplemente unidas a las chapas de cara por medio de encolado en sus cantos y no en sus caras.

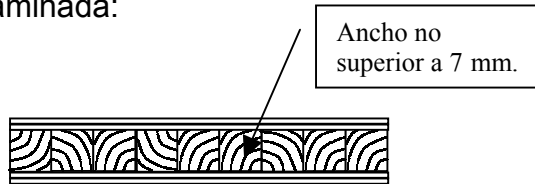




En el segundo caso hay seis varillas menos que en otro tablero, debido a la separación entre ellas.

Proporcionan una base excelente para el chapeado y rechapado, pues las varillas son menos propensas al juego.

Tableros de alma laminada:

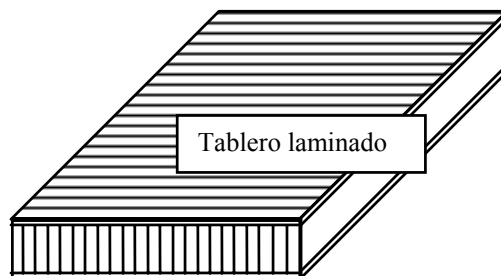


Tablero de alma laminada

#### - **Tableros laminados o tableros de LAMINILLAS.**

Su alma está formada por chapas o laminillas cuyos grosores oscilan entre 2,5 y 4 mm (5/32") pero encoladas entre sí por unión a tope.

Son los tableos más caros y las chapas superficiales suelen ser de buena calidad, como las del alma.



Alma de laminillas.

Es de los mejores tableros que se construyen dada su gran estabilidad y resistencia con relación a su peso. Siendo el menos propenso a deformaciones.

La sección de sus listones es rectangular, pegados según sus caras. La calidad de los pliegues (chapas) exteriores es normalmente mejor que en los demás casos. Sus listoncillos son los más delgados que se fabrican y también los más regulares.

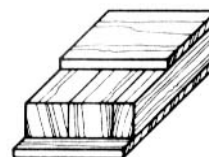
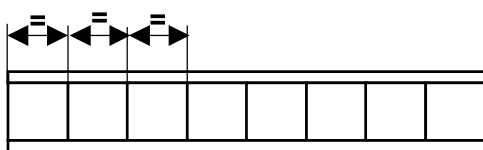
Ya en los años 30 se realizaron experiencias para comprobar la relación que debía haber entre el grosor del alma y el de las chapas de cara para que las deformaciones sean mínimas:

A. Herrmann, con W. Küch y W. Bäck (1932) probaron con sus experiencias, que almacenando en sitio húmedo tableros enlistonados de okumé con **ánima** de listones encolados, se han conseguido las menores deformaciones para una relación determinada entre los espesores de las capas externas y del alma. (...) No obstante las grandes desviaciones y la influencia nada segura de la humedad relativa del aire enseña que en los tableros de 13 mm la relación de espesores más favorable llega a 0,51 (es decir, 2,2 mm de espesor de las chapas de cierre), en las de 20 mm es 0,40 y en las de 30 mm 0,32.<sup>1082</sup>

#### - Tableros alistonados de **TABLILLAS**.

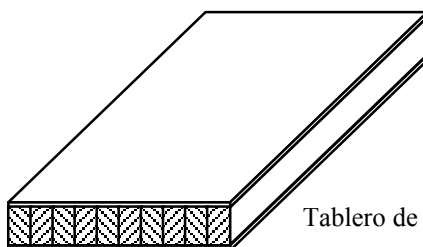
Otras denominaciones: **tablero de LISTONES** o **tablero Alistonado normal (ST)**.

Alma constituida por listoncillos cuyo grosor oscila entre 24 y 30 mm que se encuentran encolados entre sí.



Alma de listoncillos

Se llegaron a fabricar núcleos de 75 mm (3 pulgadas) de grueso pero se trataba de tableros estriados, para evitar posibles deformaciones.



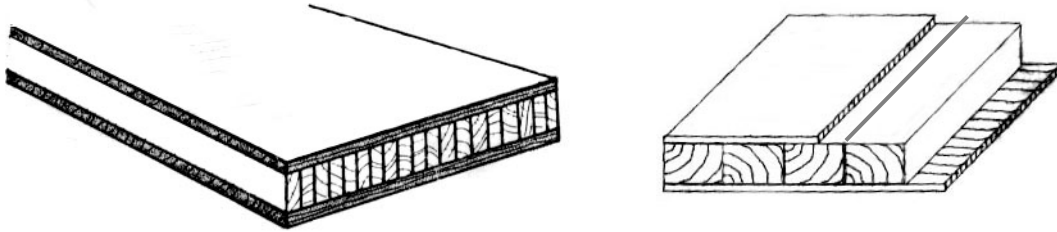
Tablero de tablillas

#### - Tablero alistonados de **TABLILLAS SUELTAS**.

Otros nombres: **tablero de TIRAS (SR)**, **tableros de ALMA MACIZA**.

<sup>1082</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 473-474.

Los listones que conforman su alma suelen tener entre 24 y 30 mm de ancho pero, en este caso, no están encolados entre sí. Pueden estar a tope o no.

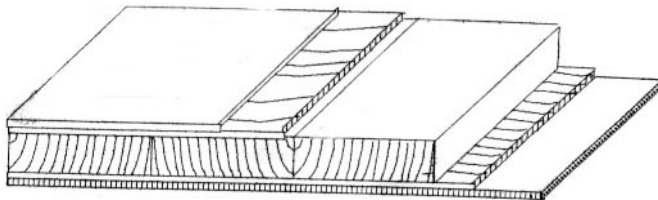


Es normal que los listones tengan una sección más o menos cuadrada.

#### - **Tablero TABLEADO.**

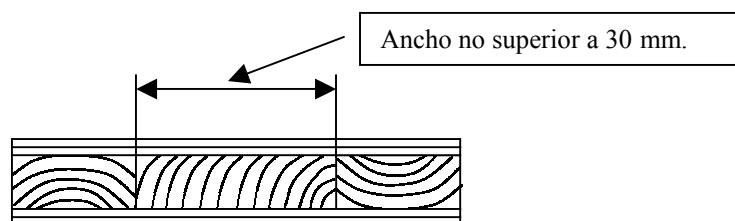
Se le solía llamar **Tableros de Bloques. Tablero alistonado.**

Suelen estar fabricados con listones muy anchos, lo que se traduce en tableros de peor calidad y, por tanto, más baratos



En estos tableros, la calidad de las chapas y contrachapas es superior a la calidad de los listones del núcleo.

Se fabrican aserrando bloques de tablillas.



Tablero alistonado

#### - **Tableros estriados o Tableros ranurados.**

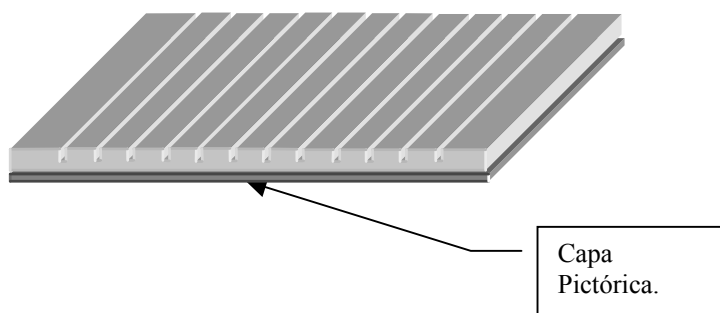
Se denominan así a todos aquellos tableros de alma enlistonada cuya madera ciega o de soporte lleva incorporada, en ambas caras, una serie de ranuras o estrías que, espaciadas a intervalos regulares, sirven para

contrarrestar los movimientos (juego) de la madera, cuando dicha madera de soporte está formada por listones anchos. Para Kollmann este estriado facilita también la ventilación del tablero:

(...) Entre los tableros fuertes hay además un gran número de construcciones que, por tener que trabajar de canto, tienen que estar reforzadas por una conformación especial de las láminas, lo que generalmente se consigue por medio de muescas, que sirven para compensar las tensiones o para la ventilación interna.<sup>1083</sup>

El sistema se utiliza prácticamente hasta los años 70, fecha en el que su presencia es meramente testimonial en algunas fábricas de muebles.

El mismo sistema se utiliza en restauración de soportes de madera antiguos, de cierto grosor. Se hacen esas ranuras por las traseras para aliviar la tensión de los paneles y enderezarlos.



Otra utilidad de las estrías es la de curvar tableros aglomerados de partículas, que mantienen después esa posición mediante rechapado de las caras.

Un paso más en la construcción de los tableros de alma enlistonada fue la incorporación de estas estrías o ranuras a los listoncillos que configuran el núcleo.

Los antecedentes los tenemos en la realización de bastidores utilizados en la fabricación de muebles.

Esas ranuras aparecieron debido a dos motivos fundamentalmente:

---

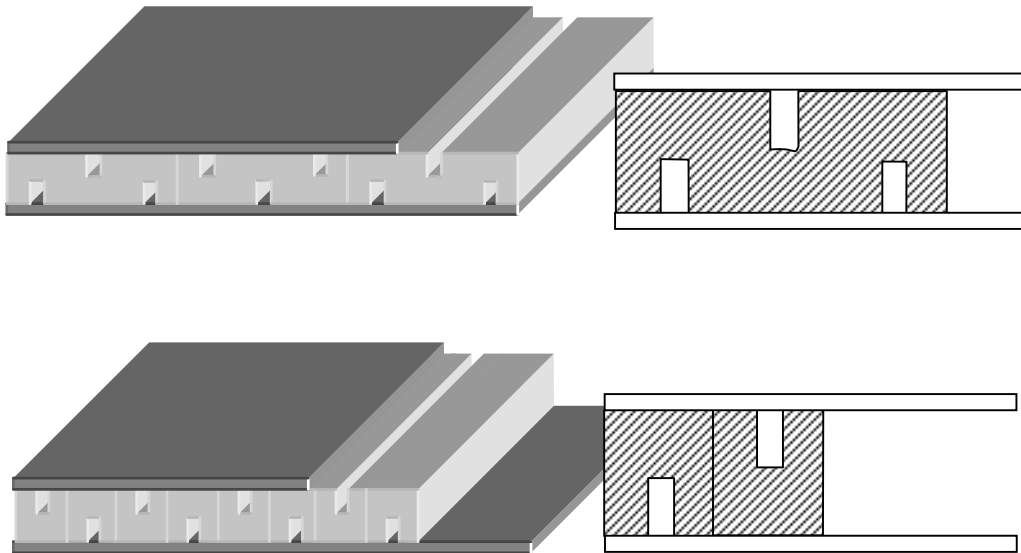
<sup>1083</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 471.

- El 1º para permitir la evaporación de los disolventes utilizados en los adhesivos que se empleaban para encolar largueros, testeros, peinazos, etc.
- El 2º para contrarrestar movimientos o tensiones de esos mismos listones usados para construir bastidores de refuerzo.

En el 1º caso las ranuras son perpendiculares a los listones, mientras que en el 2º caso, discurren paralelas a la dirección de la veta.

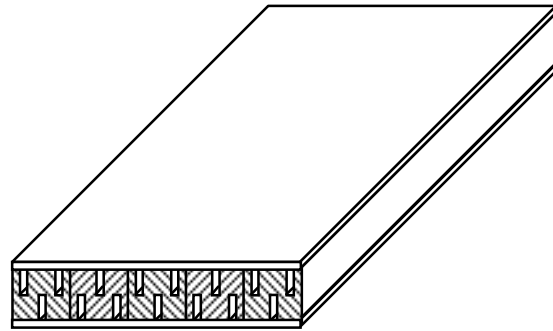
El caso que ahora nos ocupa es el 2º, el primero lo veremos al hablar de los bastidores.

Estos alistonados tienen su alma formada por listones más bien anchos, dado que tienen que albergar en su grosor una o más ranuras. En los alistonados de varillas o laminillas este no hace falta por que los listones son muy finos y reducen los movimientos. El fundamento es algo parecido a la conformación de los contrachapado o de los tableros laminados.



La forma habitual de realizar las ranuras, es con sierra circular, pero si no hiciera falta que éstas fueron demasiado finas, podría recurrirse a una fresadora.

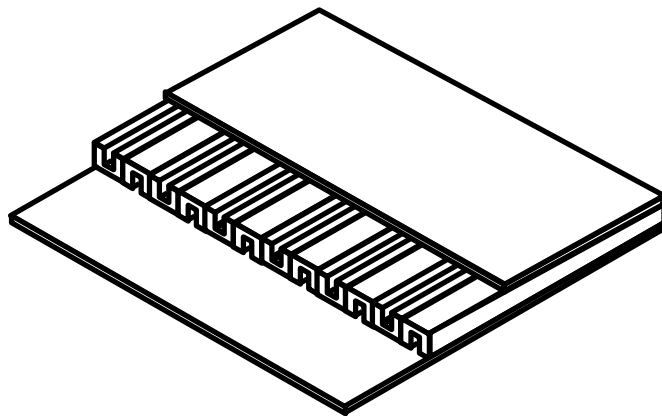
La actuación sobre el tablero debe hacerse en el sentido de las fibras que componen los listones del alma y, como hemos dicho, a ambos lados del tablero.<sup>1084</sup>



La profundidad de la ranura suele alcanzar los 2/3 del ancho del listón.

En el caso de entelar un soporte flexible a este tablero sería recomendable encolar un guardacanto o listón perimetral para poder efectuar el tensado con las grapas.

Dicho guardacanto también sirve para evitar la entrada de serrín, polvo, insectos y otras suciedades, aunque estas ranuras puedan estar rellenas de corcho o cualquier tipo de espuma que quepa en ellos,



listoncillos de madera de balsa, etc. El corcho es especialmente útil pues tiene una gran flexibilidad que permite que las juntas se abran y cierren fácilmente.



La ranura tendrá el grosor de la sierra que la haga

En todos los casos (ranura sencilla o múltiple) la fabricación es la misma: pasamos el listón por la sierra circular tantas veces como ranuras; cortamos el listón a la medida deseada y procedemos a encolar un listón hacia arriba, uno hacia abajo, de esta manera las ranuras se van alternando.

<sup>1084</sup> No es corriente, pero Spannagel comenta que a veces se realizan en diagonal al vetado, cruzándose unos con otros (Fritz Spannagel, op. cit., pág. 163).

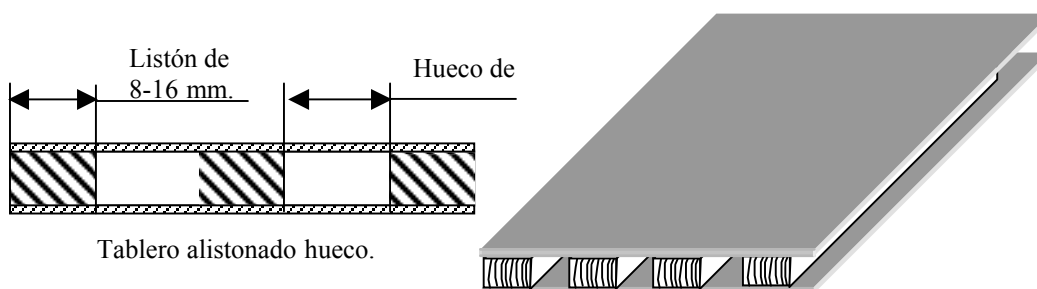
También pueden comprarse listones con perfil en “U” y encolarlos entre sí.

- **Tableros hueco-alistonados.**

También llamados **Tableros alistonados huecos. Tablero hueco-enlistonado o apanalado.**

En cambio si sus cantos no están en contacto, se denominan *Tableros hueco-alistonados*.

Son tableros poco habituales.



#### 7.2.2.15 Clasificación en función del nº de capas.

La fabricación más común es la de 3 y 5 capas, dispuestas a contramalla, aunque en el caso de 5 placas pueden estar dispuestas tanto longitudinalmente como transversalmente al núcleo.

Los tableros más sencillos son los de tres capas. En ellos las chapas de cara siempre estarán a contramalla respecto del veteado interior.



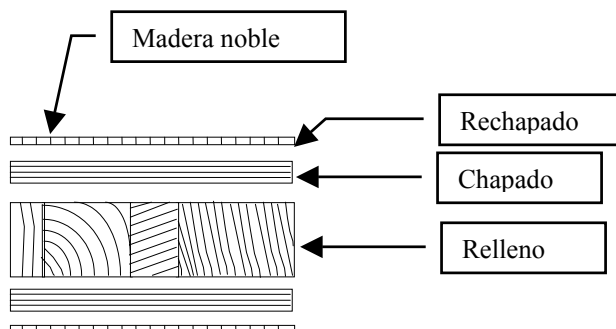
Tablero alma enlistonada con chapa de cara de roble. Al ser un tablero decorativo (suelos) la chapa vista es más gruesa y de mejor calidad que la contrachapa.



Tablero alma enlistonada con chapa de cara de teca. Presenta las mismas características que el otro tablero.

Puede apreciarse, en todos los tableros anteriores, una distribución de los anillos, en los listones, que determina tableros de no muy buena calidad.

Los de cinco capas son más caros, pero también más estables. La chapa de cara puede ser también una chapa de madera noble o chapa de calidad.



Tableros con las chapas de cara del mismo grosor y calidad, de ocumé.

En los de 5 capas, las dos externas o (rechapado) suelen ser de maderas nobles y, normalmente, su veta suele seguir la misma dirección que las fibras de los listones que conforman el alma, de esta manera compensan las de la chapa intermedia. Por eso en la construcción de estos tableros es de vital importancia que la dirección de las fibras del alma sea la correcta.

#### 7.2.2.16 Dimensiones.

Sus tamaños son semejantes a los tableros contrachapados.

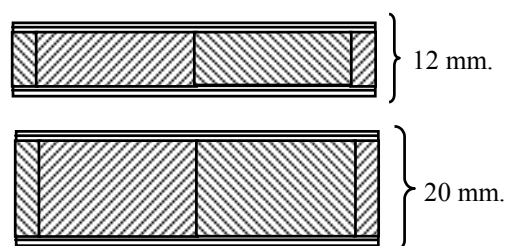
El tamaño común es 2,44 x 1,22 m, pero se pueden adquirir de mayor tamaño.

Con formatos corrientes de 1,55 x 3,30 m y 1,53 x 2,50 m.

Otros anchos: 100, 122, 152 cm.

Espesores bastante habituales de tableros alistados:





Sus grosores van desde 12, 13, 16, 19, 22, 25, 30 y 38 mm<sup>1085</sup>. Los más gruesos, de tres láminas pueden tener hasta 44 mm.<sup>1086</sup>

#### 7.2.2.17 Aplicaciones.

Es un tablero especialmente indicado para la construcción de muebles y «constituye una buena base para trabajos de chapeado aunque los listones del núcleo puedan llegar a “trasparentarse”». <sup>1087</sup>

Si se le da un uso estructural, es conveniente que el largo el tablero corresponda al sentido longitudinal del alma.

Pero si la utilización no va a estar sometida a grandes esfuerzos, esto no es necesario.

Lo que hay que tener en cuenta es que en los alistonados en cuya alma existen listones no encolados entre sí, puede haber faltas cuando se producen cortes en estos tableros: separaciones de listones, astillamientos, que salten trozos, etc. <sup>1088</sup>

Spannagel define los usos para los que se diseñó este tablero: «Esta especie de aplacado con tres gruesos se emplea cuando hay que lograr una superficie completamente lisa, de gran uso y en la que no es posible aplicar una chapa de poco espesor». <sup>1089</sup>

Es un soporte ideal por la poca deformación estructural que en el se produce (en los de buena calidad, se entiende). Es ideal como soporte pictórico (a pesar de su peso), sobre todo cuando el soporte forma parte de

<sup>1085</sup> Hay otros espesores nominales diferentes, por ejemplo: 15, 18, 22, 26, 30, 35 y 40 mm.

<sup>1086</sup> Tableros de alma gruesa (NF B 53.506).

<sup>1087</sup> Albert Jackson, op. cit., pág. 36.

<sup>1088</sup> Todas esas faltas pueden rellenarse con masillas de fabricación industrial o podemos hacerlas nosotros con serrín o harina de madera y una resina o epoxi o de poliéster.

<sup>1089</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 169.

la capa pictórica (Lucio Muñoz, por ej.) y ha de ser agredido, porque su resistencia es muy grande y aguanta bien todo tipo de manipulaciones con herramientas cortantes.

#### **7.2.2.18 Almacenaje.**

Como todos los tableros, nunca debe apoyarse verticalmente contra una pared. Deben almacenarse en horizontal y cubiertos para evitar humedades y suciedades, que se dañen los cantos, etc.

Y, al igual que todos los tableros de madera y derivados de ellos, debemos esperar un tiempo prudencial de aclimatación en el taller para que el tablero adquiera su equilibrio higroscópico.

### **7.2.3 TABLEROS DELGADOS DE MADERA SÓLIDA, NATURAL O MACIZA.**

Estos tableros nos recuerdan bastante a los tableros ensamblados, pero la disposición de las tablas y los tipos de ensamblajes no tienen nada que ver con los sistemas tradicionales. Estos tableros requieren de maquinaria muy especial para su realización.

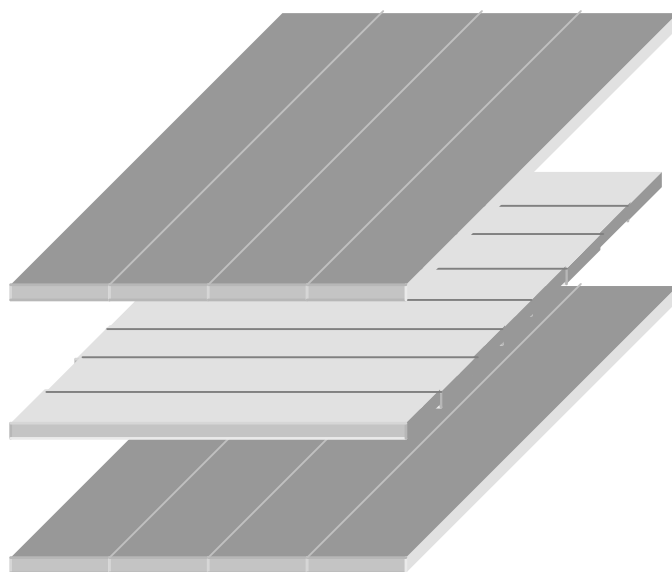
#### **7.2.3.1 Tablero tricapa.**

Otras denominaciones: **Tablero alistonado tricapa.**

Tablero fabricado por la firma Lana, S. Coop. con el nombre de Tablero Tricapa Rústico y que está a caballo del tablero alistonado y los tableros de alma enlistonada.

- **Definición.**

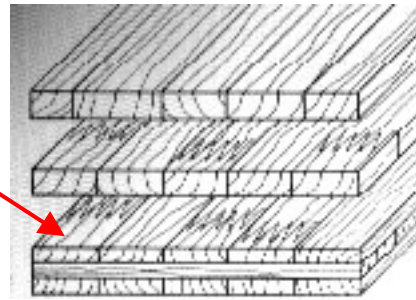
Es un tablero compuesto de tres capas de



madera encoladas, donde la capa central está dispuesta en sentido transversal.

#### Características.

- Cumple con la normativa alemana DIN 68705.<sup>1090</sup>
- Humedad de las tablillas: de un 8 a un 10% para uso interior y de un 12 a un 14% para exterior.
- Tablero diseñado para aplicaciones de grandes luces: más de 2,44 m de separación entre apoyos.
- Peso: en el tablero de 20 mm de espesor es de 10 Kg / m<sup>2</sup>.



Alistonado tricapa.  
Cortesía de Grecon Dimter.



Tablero tricapa.  
Cortesía de Lana,S. Coop.

#### • Materiales.

##### - Especies de madera usadas.

Se utiliza el **alerce** y **abeto** para construcción en general, por ejemplo: pavimentos, cubiertas y fachadas.

Estas dos especies y además el **pino** se emplean cuando el uso va dedicado principalmente al mobiliario.

##### - Calidades utilizadas.

AB, B y C según estándar europeo. Madera clara, sin decoloraciones y nudos sanos. Nudos saltadizos sustituidos por piezas iguales. Bolsas de resina reparadas.

##### - Adhesivos utilizados.

<sup>1090</sup> Información técnica aportada por Lana, S. Coop., “Tablero Tricapa Rústico”, Lana, S. Coop., Oñati (Guipúzkoa), 2000. En ella la empresa ofrece datos técnicos de su utilización en construcción.

- Encolado: Colas de Urea-melamina-formaldehído (M.U.F.)
- Superficie de encolado: 2m<sup>2</sup> de encolado / m<sup>2</sup> de tablero.
- Cumple la norma DIN 53255 (AW 100), DIN 68705 (AW 100), que conforma un tablero resistente a la humedad.

- **Dimensiones.**

Longitud. 2500 mm y 5000 mm.

Anchura: 1250 mm.

Grososres: 17, 20, 25 y 30 mm.

- **Tratamientos.**

Estos tableros pueden venir de fábrica con ciertos tratamientos como el hidrofugado, ignifugado, tratamientos anti agentes biológicos.

Se expenden lijados con grano 120 o barnizados, según usos.

- **Usos.**

En la construcción: paredes, fachadas, techos, cubiertas, suelos. Para estos usos puede ir canteado, perfilado, machihembrado, etc.

Como mobiliario, puertas, ventanas, estanterías.

- **Productos derivados del tablero tricapa.**

- **Panel sandwich.**

Combinando este tablero con planchas de Poliuretano puede generarse un tablero que también comercializa Lana, S. Coop., el panel sandwich de 114 mm de espesor. Dicho panel se compone de tres capas: las caras son de tablero tricapa de 17 mm y el alma es de poliuretano de 80 mm de espesor.



- **Tablero de encofrado 3 estratos.**<sup>1091</sup>

Definición: Es un tablero de pino de tres “capas orientadas”, es decir, perpendiculares entre sí.

Las tres capas pueden ser del mismo grosor o el alma puede tener mayor grosor.

Propiedades:

- Acabado melamínico, por eso está destinado a encofrados.
- Peso del tablero: 11 Kg. (el de 17 mm) y 13 (el de 21 mm).
- Encolado según Din 53255 anti-humedad, álcali y exterior.
- Gran estabilidad dimensional.
- Color verdoso.

Dimensiones:

- Longitud: 970 y 1970 mm.
- Anchura: 500 y 1000 mm.
- Grosor: 17 y 21 mm.

### **7.2.3.2 Tablero de madera contralaminada.**<sup>1092</sup>

- **Definición.**

Tablero que se compone de chapas o más bien tablillas (de madera de chopo)<sup>1093</sup> que se encolan por la testa y por los costados.

- **Comparación con la madera laminada.**<sup>1094</sup>

- La madera laminada: en ella la fibra sigue la misma dirección en todas las piezas encoladas. Este material persigue la

---

<sup>1091</sup> Para más información vid. “Tablero de encofrado 3 estratos”, *Aitim*, nº 193, mayo-junio, Aitim, Madrid, 1998, pág. 26.

<sup>1092</sup> La referencia encontrada respecto a este material es: Fernando Nájera y Angulo, “Aplicaciones industriales de la madera de chopo: Estudio técnico y económico”, *Montes*, año XVI, nº 95, Sept-Oct, 1960, Montes, Madrid, págs. 462-464.

<sup>1093</sup> El chopo es de las especies de crecimiento más rápido.

<sup>1094</sup> También hay cierta similitud con los tableros tricapa.

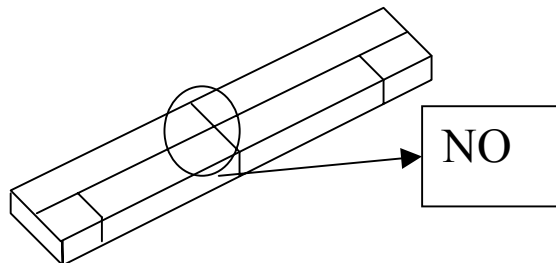
reconstrucción de la madera maciza eliminando los defectos que pudiera presentar. Busca conseguir piezas de longitudes y grosores impensables o imposibles.

- La contralaminada busca conseguir piezas de resistencia uniforme en cualquier dirección. Sus dimensiones aumentan en anchura más que en longitud. El efecto estético en ella juega un importante papel si se utiliza en ebanistería para desarrollar formas curvas de cierto grosor ya que se evidencian los diferentes veteados producidos por las distintas capas.

### • Fabricación.

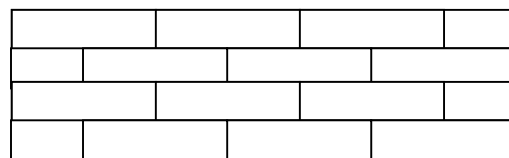
Es un tablero que forma planos en longitud y anchura.

Para conseguir el grueso necesario basta con encolar, con la fibra cruzada, varios de estos planos.

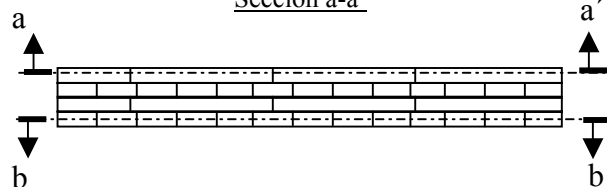


Las uniones deben ser perfectas, 16 chapas { 20 cm. } 12,5 mm de espesor cada chapa o lámina.

procurando que los empalmes por testas no coincidan con los empalmes de las tablillas contiguas.



Sección a-a'



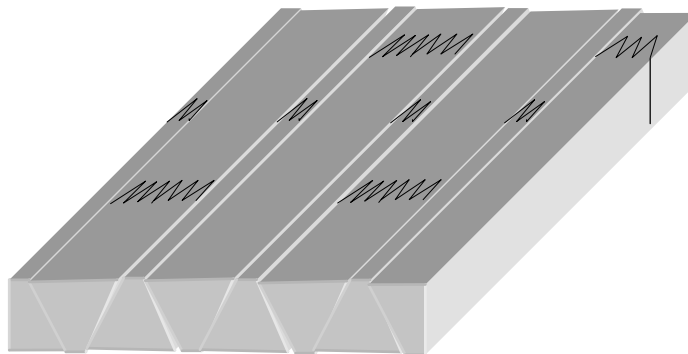
Sección b-b'

Tiene un aspecto similar al que presentaban los bloques, de madera de balsa, que se encolaban por el reverso de las obras en las restauraciones de los soportes de madera.

### 7.2.3.3 Tableros formados por tablas de sección trapezoidal.

- **Tablero Primwood.**

Procedente del aserrado en estrella. Pueden consultarse los puntos en los que se hace referencia a este tablero: *Aprovechamiento*



de la madera en bruto y *Estereotomía de la madera*.

Empleado en la industria del mueble por Novawood. Suele emplearse el pino como materia prima. Al tablero se le extraen todos los nudos para que ofrezca un acabado más regular.<sup>1095</sup>

- **Paneles Wisa-Wood.**

Tableros lanzados en 1989 por la Kymmene Corporation<sup>1096</sup> de Finlandia.

Se trata de tableros formados por la unión de tablas mediante un novedoso sistema de acoplamiento con forma trapezoidal dentada.

Los gruesos del tablero oscilan entre 18 y 45 mm.

Muy usado en la fabricación de puertas y escaleras.<sup>1097</sup>

En 1994 lo proporcionaba la empresa RWS-ENGINEERING OY, de Finlandia.<sup>1098</sup>



<sup>1095</sup> Más información en Nelly Malmanger, “Productos innovadores nórdicos”, *Aitim*, nº 209, ene-feb, Aitim, Madrid, 2001, pág. 21.

<sup>1096</sup> Schaubman Panels & Timber Kymmene Corporation.

<sup>1097</sup> “Nuevos paneles de madera maciza”, *Acomat*, nº 58, mayo-junio, 1989, Acomat, Madrid, pág. 24.

<sup>1098</sup> Puede verse una fotografía del producto en la revista *Aitim*, nº 172, nov-dic, 1994, Aitim, Madrid, pág. 138 y en “Nuevos paneles de madera maciza”, *Acomat*, nº 58, mayo-junio, 1989, Acomat, Madrid, pág. 24.

## 7.3 TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA.

Esta gran familia se encuentra formada por los siguientes tableros:

### 7.3.1 TABLEROS DE CHAPAS.

Formados por chapas encoladas entre sí con una orientación determinada en cada caso. Son dos los tipos de tableros con estas disposiciones.

#### 7.3.1.1 TABLEROS CONTRACHAPADOS.

Otras denominaciones utilizadas: Plywood.<sup>1099</sup> Tableros terciados o Terciados.<sup>1100</sup> Madera terciada. Compregnated wood. Madera contrachapada o contrachapeada. Tablero contrachapeado. Contraplacado. Madera compensada. Tablero compensado. Madera contraplaqueada. Madera mejorada. Madera contraveteada. Madera laminada. Madera estratificada. Tableros laminados. Tableros de hojas alternas. Tableros de hojas. Madera encolada. Tablero contrapeado. Chapa. Tableros de madera cruzada<sup>1101</sup>. Madera en chapas. Láminas encoladas. Madera multilaminar. Tablero Venesta<sup>1102</sup>. Madera Venesta. Madera contralaminada.<sup>1103</sup> Triply<sup>1104</sup>. Triplay. Contrachapado triple<sup>1105</sup> Three-ply-wood. Madera de tres chapas. Glulam<sup>1106</sup>.

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE-EN 313-1:1996. *Tableros contrachapados. Clasificación y terminología. Parte 1: Clasificación.*
- UNE-EN 313-2:2000. *Tableros contrachapados. Clasificación y terminología. Parte 2: Terminología.*
- UNE-EN 314-1:1994. *Tableros contrachapados. Calidad de encolado. Parte 1: métodos de ensayo.*
- UNE-EN 314-2:1994. *Tableros contrachapados. Calidad de encolado. Parte 2: especificaciones.*

---

<sup>1099</sup> Término inglés para definir al contrachapado.

<sup>1100</sup> Denominación que recibe el contrachapado en Sudamérica.

<sup>1101</sup> Este término se empleaba a mediados del siglo XX para designar al tablero de alma enlistonada. Actualmente a los tableros de alma enlistonada se les incluye dentro de los tableros contrachapados. Nosotros preferimos separarlos ya que el concepto generalizado que se tiene del tablero contrachapado es el de un tablero formado exclusivamente por chapas.

<sup>1102</sup> Más adelante se explica el porqué de esta denominación.

<sup>1103</sup> Este término aunque muy empleado, sirve para definir otro tipo de tablero construido por medio de tablas o listones encolados de manera similar a la madera laminada, con el que se pretende que las resistencias sean las mismas en el sentido longitudinal y transversal.

<sup>1104</sup> Término norteamericano para designar específicamente al plywood de tres chapas. Triply significa literalmente: Tres veces. Puede derivarse de “three ply”, es decir, tres capas o chapas.

<sup>1105</sup> Término que designa al contrachapado de tres capas.

<sup>1106</sup> Término normalmente usado con la madera laminada encolada. Aquí se usa de manera genérica para designar tableros realizados con chapas de madera encoladas entre sí. Aparece en el glosario de términos de la norma UNE-EN 923:2000.



- UNE-EN 315:1994. *Tableros contrachapados. Tolerancias dimensionales.*
- UNE-EN 635-1:1995. *Tableros contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 1: Generalidades.*
- UNE-EN 635-2:1996.<sup>1107</sup> *Tableros contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 2: Frondosas.*
- UNE-EN 635-3:1996.<sup>1108</sup> *Tableros contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 3: Coníferas.*
- UNE-ENV 635-4:1996.<sup>1109</sup> *Tableros contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 4: Guía para la selección del tablero según el acabado.*
- UNE-EN 635-5:1999.<sup>1110</sup> *Tableros contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 5: Métodos de medición y expresión de características y defectos.*
- UNE-EN 636-1:1997.<sup>1111</sup> *Tableros contrachapados. Especificaciones. Parte 1: Especificaciones del tablero contrachapado para uso en ambiente seco.*
- UNE-EN 636-2:1997.<sup>1112</sup> *Tableros contrachapados. Especificaciones. Parte 2: Especificaciones de los tableros contrachapados para uso en ambiente húmedo.*
- UNE-EN 636-3:1997.<sup>1113</sup> *Tableros contrachapados. Especificaciones. Parte 3: Especificaciones de los tableros contrachapados para uso en exterior.*
- UNE-EN 1072:1996. *Tableros Contrachapados. Descripción de las propiedades de flexión del tablero contrachapado de uso estructural.*
- UNE-EN 1084:1996. *Tableros Contrachapados. Clases de emisión de formaldehído determinadas según el método de análisis de gas.*
- UNE 56303:1999 EX 1114: *Tableros derivados de la madera. Valores característicos para el cálculo estructural.*

#### **7.3.1.1.1 Antecedentes históricos.**

Los materiales compuestos por láminas no son un producto de la tecnología actual. Se tienen referencias (en lo que a madera se refiere) desde hace más de veinte siglos. Los egipcios utilizaban las chapas para recubrir objetos fabricados con madera de inferior calidad o tapar juntas,

---

<sup>1107</sup> Se incorpora en esta norma un listado sumamente detallado de los defectos admisibles, en las caras de los tableros contrachapados de madera de frondosas, para cada clase calidad (E, I, II...)

<sup>1108</sup> Se incorpora en esta norma un listado sumamente detallado de los defectos permitidos, en las caras de los tableros contrachapados de madera de coníferas, para cada clase calidad (E, I, II...)

<sup>1109</sup> Se trata de una norma experimental.

<sup>1110</sup> Esta norma nos muestra los sistemas de medición de defectos.

<sup>1111</sup> Establece las especificaciones básicas de estos tipos de tableros y además ofrece información sobre propiedades que pueden ser útiles en determinadas aplicaciones.

<sup>1112</sup> Ídem.

<sup>1113</sup> Ídem.

<sup>1114</sup> “EX” quiere decir experimental, esto es, Norma Española Experimental. Esta norma da información sobre valores de las propiedades mecánicas y la densidad obtenidos según las técnicas y procedimientos descritos en las normas UNE-EN 1058 y UNE-EN 789. Dado que las normas UNE-EN no establecen clases resistentes específicas para los tableros contrachapados, no se pueden aportar más que los datos de los fabricantes (en cuanto a los tableros estructurales).

cofres, ataúdes. Algunos de esos objetos tienen más de 35 siglos y el adhesivo utilizado todavía resiste. (Digamos que esos no eran contrachapados, pero en esos momentos nacía el concepto y la idea que muchos siglos después serían desarrollados.)

Su fabricación propiamente dicha fue el resultado de la industrialización del procedimiento de revestir el alma con hojas de madera mediante encolado.

La laminación no ha sido exclusiva en la madera, se tiene constancia de la fabricación de armas y armaduras por medio de varias láminas metálicas.

Román nos indica que existen infinidad de materiales de tipo industrial obtenidos con la unión de varias láminas. El fin de esto es conseguir mejorar las propiedades mecánicas, aumentar la resistencia disminuyendo el peso, aminorar la deformabilidad<sup>1115</sup>, lograr aislamientos térmicos y/o acústicos, obtención de otras formas y tamaños que no ofrece la naturaleza, resistencia al desgaste, decoración, etc. Tales materiales son las maderas laminadas (contrachapados, laminados), metales plaqueados, bimetales, laminados de vidrio, plásticos, de papel, tejidos laminados, etc.; muchos de ellos utilizados en revestimientos de tableros.<sup>1116</sup> El contrachapado, en su relación resistencia/peso es bastante superior a los metales.

El contrachapado elimina o, al menos, mitiga los defectos que concurren en la madera maciza como son el “juego” (la deformabilidad de la que hablábamos antes), consecución de grandes superficies, ahorro de material, etc.



Heinrich Hoerle.  
Los contemporáneos, 1931.  
Óleo sobre madera contrachapada.

Históricamente, aparecen a principios del siglo XX las grandes superficies lisas (por las razones que

<sup>1115</sup> Realmente fueron revolucionarias esta *casi* indeformabilidad y la facilidad de empleo.

<sup>1116</sup> José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 176.

se explican en el capítulo: *Tableros, generalidades, conceptos*) al lado de las tradicionales construcciones de marco y plafón, que hasta entonces habían sido las dominantes. Estos marcos sujetaban las superficies de madera de antaño<sup>1117</sup>, pero las enormes superficies que empezaban a surgir, necesitaban algún sistema para que, quedando sueltas, no trabajasen y empezaran a alabearse. Para Spannagel, así surgió la madera compensada o contraveteada<sup>1118</sup>.

Realmente con la aparición del tablero contrachapado comenzó la carrera para intentar eliminar el juego de la madera.

Según Nájera, el fundamento que origina la aparición del tablero contrachapado es el siguiente:

El tablero se funda en el hecho de que el movimiento de la madera, que es mayor o menor en el sentido perpendicular a sus fibras, es casi nulo en la dirección de éstas; es decir el principio es análogo al que dio nacimiento a los cercos de puertas y ventanas, que por ensamblarse sus *largueros* y *cabeceros* por las testas apenas si tienen juego. [Importante en la fabricación de los bastidores].

(...) Superponiendo las chapas con el hilo cruzado y mediante un aglutinante hacemos un conjunto homogéneo, habremos conseguido que las fibras en sentido longitudinal sujeten e impidan el movimiento de las fibras en sentido transversal, y, por consiguiente, que se haya obtenido una manufactura rígida e indeformable en las dos dimensiones de sus caras. (...) El tablero contrachapado tiene, además, la extraordinaria ventaja de que sus dimensiones ya no dependen del diámetro del árbol aserrado, sino de las que tengan las máquinas con las que se construye.<sup>1119</sup>

El enchapado o rechapado de maderas vulgares con finas láminas de maderas nobles se comenta en el capítulo correspondiente a la madera en chapas, pero para el tema que ahora desarrollamos diremos que parece haber indicios de una fábrica en Friburgo hacia 1843, pero realmente lo que hoy conocemos como contrachapado no se obtiene hasta el perfeccionamiento de las colas de caseína resistentes al agua, por parte de los norteamericanos. Esto ocurría hacia 1870, y dicho contrachapado consistía en el encolado de tres chapas que iba destinado a la fabricación de

---

<sup>1117</sup> Véanse los tradicionales marcos de ranura o engargolados.

<sup>1118</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 159.

<sup>1119</sup> Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 82.

asientos.<sup>1120</sup> Con anterioridad existían en el mercado las colas fuertes o de carpintero, las de albúmina (sangre)<sup>1121</sup>, las vegetales, etc., que no permitían, por sus propiedades adhesivas, conseguir piezas de suficiente resistencia y estabilidad frente a cambios higroscópicos. Esto, como decimos, no ocurrió hasta que se desarrollan los nuevos adhesivos que conllevaban mayor estabilidad físico-química y gran poder adherente. Con ellos se consiguió crear un material hecho de madera pero más resistente, estable e isótropo que ella.<sup>1122</sup>



El Lissitzky.  
Proun 19 D, hacia 1922.  
Yeso, óleo y collage sobre contrachapado.

Nájera sitúa la aparición de los primeros tableros contrachapados en Europa bajo la patente que Vitkouski solicitó en Londres el año 1884<sup>1123</sup>. La primera fábrica se establece en Reval (Rusia), hoy Tallin (capital de Estonia), por la firma inglesa Venesta Ltd, por eso al comienzo se denominó internacionalmente al tablero con el nombre de *Madera Venesta* o *Tablero Venesta*.<sup>1124</sup>

<sup>1120</sup> Luis García Esteban et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 69.

<sup>1121</sup> Del latín: *albumen*, -inis, clara de huevo. Cualquiera de las numerosas sustancias albuminoideas que forman principalmente la clara de huevo. Se hallan también en el plasma sanguíneo, en la leche y en las semillas de gran cantidad de plantas.

<sup>1122</sup> Fernando Cassinello, op. cit., págs. 119-120.

<sup>1123</sup> También se sitúan sus comienzos hacia 1875 (Cesar Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, Año X, nº 58, Julio-Agosto, 1954, Montes, Madrid, pág. 282), pero es más aceptado el período comprendido entre 1884-1903 para Europa.

<sup>1124</sup> Fernando Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 85. César Peraza sitúa la aparición de esta industria en 1875 en la fábrica de la firma Venesta Ltd. (César Peraza, “La industria del tablero contrachapado en España”, *Montes*, Año IX, nº 51, Mayo-Junio, 1953, Montes, Madrid, pág. 249.) Todavía existen empresas en Sudamérica (año 2003) que siguen utilizando el término tablero venesta.

En Finlandia comienza su fabricación hacia 1893, pero se extiende poco por lo caro que resultaba.<sup>1125</sup> Se utilizaba en su lugar cartones como el “*Ensopahvi*” y el cartón corrugado “*Takolite*” (años 40 y 50, sobre todo en la construcción).

El despegue se produjo a comienzos del siglo XX<sup>1126</sup>, y gracias a rusos y alemanes que vieron un brillante futuro para el tablero. Cada uno de ellos desarrolló el material a partir de especies diferentes: Rusia con abedul y Alemania con ocume<sup>1127</sup>, siendo objeto de monopolio.

Pero el salto a los comercios internacionales se produjo durante la 1ª Guerra Mundial dada la gran necesidad que había de madera para la aviación. Era evidente que, por las características atmosféricas a que iban a estar expuestas las aeronaves, los materiales con los que debían construirse tenían que ser todo lo estables y resistentes posible a esos agentes (calor, frío, humedad, etc.)

El mercado se inunda porque este material cumple con los requisitos buscados: ser resistente, estable (sus propiedades son uniformes) y ligero.

Haciendo un poco de historia y estadística, en España se monta la primera factoría en 1888 (aunque otros autores la sitúen en 1915, en plena 1ª Guerra Mundial) en la ciudad de Valencia. Sea como fuere, el caso es que este nuevo producto se extiende con rapidez hacia el norte de la Península, Guipúzcoa, Vizcaya y Santander; y al nordeste con Barcelona, dado que no existía importación alguna del extranjero.

El tablero contrachapado comienza a fabricarse en Finlandia hacia 1910<sup>1128</sup>. Hacia 1920 la firma finlandesa FinnForest<sup>1129</sup> inicia la fabricación

---

<sup>1125</sup> Pannu Kalia, “Finlandia: Construcción de paneles y construcción con paneles”, *Aitim*, n° 196, Nov.-Dic., 1998, Aitim, Madrid, pág. 33.

<sup>1126</sup> Especialmente durante la 1ª Guerra Mundial, con vistas a la construcción aeronáutica: los aviones de reconocimiento llevaban la cubierta con madera contrachapada.

<sup>1127</sup> Por aquellos años se acababa de descubrir la especie tropical llamada ocume (*Aukumea Klaineana* *Pierr.*) que es una especie forestal que sólo existía en la franja comprendida por casi todo lo que antes era el Gabón francés y dos terceras partes de la que fue la Guinea española. Esta especie inundó rápidamente los mercados, dado que podía desarrollarse fácilmente.

<sup>1128</sup> Cifras obtenidas de “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., págs. 25 y 31 y referidas al año 1992.

de contrachapados especiales. La fábrica estaba situada en Lahti y se trataba de “Suolahti birch plywood mill”.

Gracias al descubrimiento del ocume y a que Alemania monopolizaba la producción, el contrachapado se extiende rápidamente.

La explotación anual de ocumé era de 350.000 toneladas que eran suministradas por la Guinea española con 90.000 toneladas y por el Gabón francés con 260.000. De todas ellas Alemania compraba 230.000 toneladas, lo que suponía el 65,7% de la producción del momento.<sup>1130</sup>

Era tal la importancia del ocumé que hasta la Guerra Civil española, el 80% de los tableros que se fabricaban en Europa eran de ocumé, a excepción de los rusos.

Hacia 1930 (quince años después de montarse en España la primera factoría) las cifras hablan por sí solas:

- Existían 305 fábricas en el mundo, 15 de ellas en nuestro país.<sup>1131</sup>
- Las fábricas europeas constituían el 66,9%, las de América del Norte el 22,3%, las de América del Sur el 0% (no disponían de ninguna), las de África el 0,6% y las de Australia el 5,6%.
- La producción mundial era de 815.000 toneladas y los únicos exportadores eran Europa y América del Norte.<sup>1132</sup>

<sup>1129</sup> Es una de las empresas más importantes del sector y forma parte del grupo Metsäliitto, que agrupa a más de 122.000 propietarios de bosques finlandeses. Sus principales productos son los contrachapados de abedul, pino y Picea Abies, el tablero aglomerado de partículas y el Kerto (LVL).

<sup>1130</sup> Nájera, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 87.

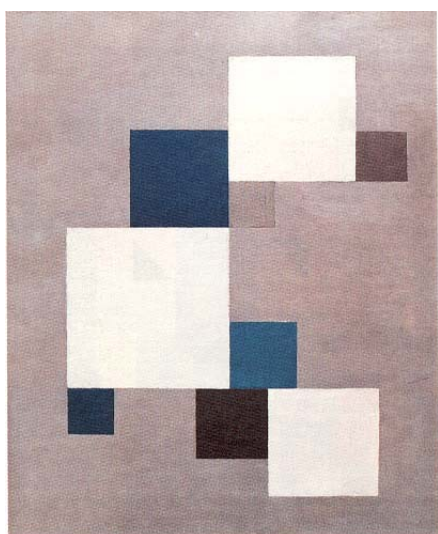
<sup>1131</sup> En la siguiente tabla podemos constatar la dificultad a la hora de obtener información. En solo dos autores vemos cifras tan dispares como las que siguen:

FABRICAS EN ESPAÑA										
Años (según)	1888	1905	1912-16	1922	1924	1927	1928	1929	1931-33	1941-44
César Peraza	1	1	2	4	2	3	2	1	4	5
Esteban García et. al.	1	2	4	8	10	13	15	16	25	25

(César Peraza, “La industria del tablero contrachapado en España”, *Montes*, Año IX, nº 51, Mayo-Junio, 1953, Montes, Madrid, pág. 249. Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 68.)

<sup>1132</sup> Cifras facilitadas por las estadísticas de A. Mora, *Plywood its production, use and properties*, en Nájera, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, pág. 90. Estas estadísticas no son del todo correctas porque en Brasil ya existía desde 1928 una fábrica de

Algunas de sus características como dimensiones, estabilidad y



Carl Buchheister.  
Composición cuadrado azul, 1926-  
1933.  
Óleo sobre contrachapado.

facilidad para el trabajo hicieron de él un tablero muy usado en ebanistería, pero en la construcción se hizo hueco en estos mismos años con el desarrollo de los adhesivos impermeabilizantes.<sup>1133</sup>

En 1936 Italia busca sustituir al ocumé y al abedul que viene utilizando para sus contrachapados por las dificultades de abastecimiento de estas especies consigue un espléndido sustituto en el chopo<sup>1134</sup>, dado lo excepcional de esta madera para el desarrollo:

(...) La homogeneidad y grano fino de la madera de chopo da un desenrollado fácil y produce una chapa continua de gran flexibilidad que difícilmente se rompe como consecuencia de la propia naturaleza y condiciones de dicha madera, ya que, debido a la larga retención del agua que satura sus tejidos, tiene una elasticidad que, sin menoscabo de la adherencia de las fibras, no poseen las maderas africanas a causa, indudablemente de las alternativas de humedad y sequedad a que vienen sometidas durante su largo proceso de corta, saca, embarque y transporte, para terminar en una estufa artificial con el fin de darles la elasticidad perdida.<sup>1135</sup>

En 1937 se produce un evento mundial que acoge visitantes de todo el mundo: La Exposición Universal de París (Paris World's Fair). En ella puede admirarse lo que en el momento fue el cuadro más grande del mundo: *La Fée Electricité* de Raoult Dufy.

---

madera multilaminas (como se decía en la época). Aunque no se dispone de cifras de producción hasta 1945. Véase informe "Producción de maderas multilaminas", *Montes*, Año VI, nº 36, Nov.-Dic, 1950, Montes, Madrid, pág. 754

<sup>1133</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 34.

<sup>1134</sup> A partir de la 2ª Guerra Mundial otros países utilizaron asimismo esta especie porque se puede desenrollar, cortar con cuchilla a la plana sin la acción del vapor y con un aprovechamiento "casi" completo de las trozas. El tablero de color blanquecino admite un fino pulimento. El único problema es que no se pueden utilizar colas de alta temperatura de fraguado, por el exceso de agua del chopo que produce estallido de bolsas de vapor. (Fernando Nájera y Angulo, "Aplicaciones industriales de la madera de chopo: Estudio técnico y económico", *Montes*, año XVI, nº 95, Sept-Oct, 1960, Montes, Madrid, págs. 450-451 Vid. También el interesante artículo de Juan de Pedro, "Ficha técnica de maderas nacionales: chopo", *Acomat*, Año XI, nº 67, Ene-Feb., 1990, Acomat, Madrid, págs. 18-20.

<sup>1135</sup> Fernando Nájera y Angulo, "Aplicaciones industriales de la madera de chopo: Estudio técnico y económico", *Montes*, año XVI, nº 95, Sept-Oct, 1960, pág. 450.

El gigantesco cuadro, que actualmente se expone en el Museo de Arte Moderno de París, se compone de 250 paneles de contrachapado: cinco tableros de alto por cincuenta de ancho dispuestos en las paredes de una sala oval. Lo que impresiona es, quizá, lo novedoso de su concepción modular para resolver el problema de una superficie gigantesca (alrededor de 600 m<sup>2</sup>). Resulta también importante esta obra por la estrecha colaboración surgida entre artista y científico, que se dará con frecuencia a lo largo de la historia<sup>1136</sup>, es decir, la búsqueda de materiales que resuelvan problemas concretos. En este caso, Dufy buscaba un médium adecuado a sus fines: que dotara de gran transparencia y luminosidad a los colores liberándolos de su opacidad; Esto servía a dos propósitos, uno puramente técnico y otro de índole estética (tengamos en cuenta que el tema a desarrollar era la historia de la electricidad, *generadora de luz*). Un año antes, el químico Jacques Maroger descubría un médium, que luego llevará su nombre: *Vernis Maroger*<sup>1137</sup> y que Dufy mezclará con sus óleos, generando así unos colores oleorresinosos de gran luminosidad y transparencia.

Este punto no queda demasiado claro ya que la casa Lefranc & Bourgeois hace un comentario<sup>1138</sup> en el que asegura que Dufy trabaja con Marc Havel, director del laboratorio de la Sociedad, desde 1935, sobre “emulsiones” basadas en aceite que luego en 1937 servirán para realizar *La Fée Electricité*. Sea como fuere, lo cierto es que estando en presencia de la obra, se hace evidente que Dufy utilizó colores oleorresinosos sin ninguna duda.

---

<sup>1136</sup> «Yves Klein trabajó durante un año con el farmacéutico y químico Adam en París para, en 1956, encontrar el azul ultramar intenso que andaba buscando como *la expresión perfecta del azul*» (Hannah Weitemeier, *Yves Klein*, editorial Taschen, Köln, 1995, pág. 15). A mediados de los años treinta, Siqueiros trabaja y experimenta en Nueva York, junto con científicos, sobre nuevas fórmulas para las resinas acrílicas con fines artísticos (véanse las pinturas y murales para el proyecto WPA: Works Progress Administration).

<sup>1137</sup> Alfred Werner, *Raoul Dufy*, Harry N. Abrahams, Inc., Publishers, New York, 1987, pág. 43.

<sup>1138</sup> Véase el catálogo de 1991: *El libro del color* de Lefranc & Bougeois, pág. 54.



Ya en los años 40 sufre una gran transformación con la incorporación de las resinas sintéticas<sup>1139</sup> — en forma de película en rollos — en su encolado. Transformación que genera cambios beneficiosos tanto en el proceso de fabricación como en la resistencia final del tablero.

En 1945 se instala en Aldaya (Valencia) una empresa llamada “Vicente Folgado Montesinos” (Hoy “tableros Folgado, S.A.”) que fabricaba tableros contrachapados de maderas “varias” y maderas finas encoladas con colas de urea y fenol-formaldehído y otros productos rechapados y tableros para encofrados.

En España, hacia 1947, seguíamos obteniendo de la Guinea Española la madera para nuestros contrachapados, cuyas fábricas se situaban principalmente en Valencia y Santander.

En EE.UU. en 1948 existían 42 fábricas de contrachapado y más de 600 fábricas de madera dura en la costa Este.<sup>1140</sup>

Nº de fábricas de chapa y madera multilamar (Se incluye a los tableros de alma enlistonada como contrachapado).														
Regiones geográficas y/o países		1920-30	1928	1936	Antes 2ª Guerra Mundial	1947	1948	1950	1953	1955	1959	1960	1961	1966
EE.UU. y Canadá	madera multilaminar						42						314	
	chapas							600						
Brasil	madera multilaminar		1					40						
	chapas							29						
	mixta							61						
Argentina	multilaminar							12-14				34		
Chile	multilaminar							4						
Bolivia	multilaminar							1						
Venezuela	multilaminar							3						
México	multilaminar							3				9		
Surinam	multilaminar							1						
Australia	multilaminar				36								50	
India y Pakistán	multilaminar							80						
Ceilán	multilaminar							2						
Japón	multilaminar							200				217		

<sup>1139</sup> Aunque en América latina la industria estaba poco desarrollada y usaban sistemas de prensado en frío junto con colas de caseína. También durante los años 50 India y Pakistán seguían utilizando en sus 80 fábricas, colas de caseína.

<sup>1140</sup> “Producción de maderas multilaminas”, *Montes*, Año VI, nº 36, Nov.-Dic, 1950, Montes, Madrid, pág. 754.

**Nº de fábricas de chapa y madera multilaminar (Se incluye a los tableros de alma enlistonada como contrachapado).**

Regiones geográficas y/o países		1920-30	1928	1936	Antes 2ª Guerra Mundial	1947	1948	1950	1953	1955	1959	1960	1961	1966
Corea	multilaminar					3								
Indochina	multilaminar							1						
	chapas													
Malaya							1							
Unión Sudafricana		2										2		
Territorios Tropicales Franceses						1		3						
Suecia	multilaminar							7			20			20
Francia	multilaminar							30			44			44
España	multilaminar								25	25				43
	chapas													88
Italia				30						120				
Finlandia	Multilaminar											24		24
Rep. Fed. Alemana.											124			124

ESPAÑA	
AÑO	FÁBRICAS
1963	26
1976	140
1986	130
1990	72

Antes de la 2ª Guerra Mundial el país que exportaba más madera multilaminar era Finlandia con un 30% de la producción mundial, la URSS el 25%, Polonia el 15% y demás Países Bálticos el 15%.

Hacia 1953 en España existían unas 8 fábricas con prensas calientes y una de ellas con prensa de alta frecuencia suministrada, en aquella época, por la firma JOVER, S.A.<sup>1141</sup>

En 1955, existían 25 fábricas de tablero contrachapado que trabajan fundamentalmente con Okume: 15 en Valencia, 4 en Barcelona, 3 en Pasajes, 1 en Bilbao, 1 en Santander, 1 en El Ferrol.

<sup>1141</sup> César Peraza, “La industria del tablero contrachapado en España”, *Montes*, Año IX, nº51, Mayo-Junio, 1953, Montes, Madrid, pág.250.

A comienzos de los años 70 las especies más utilizadas fueron:<sup>1142</sup>

Abeto Douglas	47%
Abedul	13%
Grupo Lauan	9%
Haya	3%
Okumé	3%
Otras especies	25%

El contrachapado de Abeto Douglas destaca por ser la especie más usada en EE.UU. en la construcción, empleándose la chapa gruesa.



Picasso.  
L'Aube, 1967.  
Óleo sobre contrachapado.

1989. En Maderalia 89 se presenta el primer tablero contrachapado ignífugo fabricado en nuestro país, por la firma Tableros Folgado S.A.. El tablero se denominó “LA ABEJA” y está clasificado como M-1 (máximo grado de resistencia).

Se usó principalmente un adhesivo llamado *Tegofilm (T)*.<sup>1143</sup>

La industria más beneficiada fue la industria aeronáutica, por ser un adhesivo basado en fenol-formaldehído (bakelita), dado que es un adhesivo de gran resistencia a la intemperie<sup>1144</sup>.

En el campo de la técnica, especialmente en la construcción, ha llegado a ser un material casi insustituible y, en muchos casos, tan imprescindible como el hierro. Aquí, en España, esto no es tan evidente como en países como EE.UU., Canadá, Finlandia, Rusia, etc., que llevan muchísimos años construyendo con madera toda clase de edificios, puentes, etc., dando un fuerte impulso con la aparición de nuevos adhesivos

<sup>1142</sup> Cifras obtenidas del artículo “las industrias de transformación primaria de la madera”, *Montes*, año XXVI, nº 153, Mayo-Junio, 1970, Montes, Madrid, pág. 304.

<sup>1143</sup> También recibió los nombres de *Tego* y *Cola Tegofilm*.

<sup>1144</sup> Véase más información al respecto en el capítulo correspondiente a los adhesivos.

estructurales y nuevos tipos de tableros, vigas, etc. y sobre todo nuevos conceptos constructivos.

Otro hecho que avala el empuje de este tablero delgado y ligero deriva de su extraordinaria resistencia en relación con su peso: «(...) un tablero de contraplacado de cinco chapas con un grosor de 1,2 mm [cada una] es mucho más eficaz que una tabla maciza de 25 mm [una pulgada aproximadamente]». <sup>1145</sup>

Una de las principales desventajas de la madera maciza (y una de sus principales características) es su anisotropía, que es consecuencia de su estructura interna: estructura fibrosa compuesta por haces tubulares orientados en dirección longitudinal, principalmente. Para Cassinello la creación del tablero contrachapado responde a la necesidad de obtener piezas que fuesen por lo menos isótropas en el plano, salvando así parte de ese problema. <sup>1146</sup>

El contrachapado en Europa. Año 2000 <sup>1147</sup>			
Producción	Total producción		3,1 millones de m <sup>3</sup>
	Principales productores		Finlandia: 1 millón de m <sup>3</sup> Francia: 471.000 m <sup>3</sup> Italia: 398.000 m <sup>3</sup>
	Especies principales		39% Coníferas 23% Abedul 20% Chopo 15% maderas tropicales 3% haya
	En madera tropical	Total	452.000 m <sup>3</sup>
		Mayor productor	Francia
Importaciones			4,7 millones de m <sup>3</sup>
Exportaciones			2,7 millones de m <sup>3</sup>
Consumo	Total		5 millones de m <sup>3</sup>
	Por países	Alemania	20%
		Reino Unido	20%

<sup>1145</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 163.

<sup>1146</sup> Fernando Cassinello, op. cit., pág. 119.

<sup>1147</sup> “Mercado de tableros contrachapados”, *Aitim*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág.49.

### 7.3.1.1.2 Definición.

Jackson define a los tableros contrachapados como «material laminado a partir de delgadas láminas de madera denominadas *placas* o *chapas estructurales*, que están unidas para formar un tablero estable y resistente.»<sup>1148</sup>

Es un material (tablero) constituido por chapas de madera (hojas leñosas)<sup>1149</sup>, superpuestas y yuxtapuestas, encoladas entre sí, prensadas y con las fibras orientadas (o dispuestas) habitualmente, de forma alterna, formando 90°. Las chapas organizadas de esta manera proporcionan, al tablero algunas ventajas: mayor resistencia al alabeo<sup>1150</sup> y que la resistencia mecánica sea sensiblemente idéntica en todas las direcciones contempladas (aunque realmente se consigue la isotropía, fundamentalmente, en el largo y en el ancho) « (...) y que no tenga una dirección natural de ruptura»<sup>1151</sup>. Son tableros bastante estables y rígidos. Con el cruce de chapas se mejora la resistencia transversal.



Contrachapado curvado en la fabricación de sillas.

Podemos obtener tableros y productos compuestos de cualquier tamaño, que se pueden moldear y así adoptar prácticamente cualquier forma: «[Con este sistema se consiguen] (...) elementos constructivos de gran superficie [tableros], planos o de simple y doble curvatura, dando origen a nuevas formas estructurales de la construcción maderera».<sup>1152</sup>

Los contrachapados pueden ser curvados en curvas simples y suaves estando secos y utilizando siempre tableros libres de defectos como nudos,

<sup>1148</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 34.

<sup>1149</sup> Aunque, a veces, también se denominen contrachapados a los tableros de alma enlistonada. El tablero contrachapado carece de un núcleo de madera maciza o, como se denomina, madera soporte, como ocurre con los tableros de alma enlistonada.

<sup>1150</sup> Se produce cuando las caras del tablero no forman superficies rectas sino que se curvan por dos motivos, principalmente: “como consecuencia de un desequilibrio de tensión entre hojas opuestas y simétricas, o de una rehumidificación parcial de la madera” (Enciclopedia Gran Larousse universal, Vol. 5, pág. 3158.)

<sup>1151</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 34.

<sup>1152</sup> Fernando Cassinello, op. cit., pág. 55.

parches o fibra corta. Si esto no se tiene en cuenta muchos paneles pueden romperse. Para obtener radios de pequeña curvatura, los paneles deben estar mojados o vaporizados. No deben hacerse cortes en el tablero para doblarlo mejor si éste va a ser usado estructuralmente.

<b>Grosor del contrachapado (mm)</b>	<b>Radio de doblado en frío (m)<sup>1153</sup></b>	
	<b>Eje de doblado paralelo a la dirección de la fibra (m)</b>	<b>Eje de doblado perpendicular a la dirección de la fibra (m)</b>
6 7,5	0,7	1,5
8 9,5	1,0	2,4
11 12,5	2,4	3,6
14 15,5	3,6	4,8
18,5 19	4,8	6,0
20,5	5,8	7,0

También supone gran seguridad de valores para los cálculos mecánicos y reducción de la higroscopicidad. Con estos tableros se aumenta la resistencia al agrietado de los extremos por no seguir todas las chapas la misma dirección.

Todas estas ventajas son sólo unas pocas de, realmente, todos los beneficios que se han logrado conseguir con este tratamiento de la madera. Hugh hace una reflexión muy interesante acerca de las ventajas que nos proporciona este tipo de material:

La naturaleza produce madera sin ninguna planificación: con nudos, grietas y cúmulos de resina distribuidos al azar. La madera contrachapeada puede ser fabricada según requerimientos comerciales, en la seguridad de que sus propiedades mecánicas serán las apetecidas. Los nudos se extraen y los agujeros se cubren. Las grietas pueden ser rellenadas con materiales sintéticos. Las chapas pueden coserse unas con otras y formar una sola chapa, sin que la robustez del panel disminuya ni un ápice. Los residuos de estas operaciones al igual que en el aserradero son recuperadas para fabricar papel, tablero duro y tablero aglomerado.<sup>1154</sup>

<sup>1153</sup> Cifras no verificadas experimentalmente, ofrecidas por “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág.8.

<sup>1154</sup> Hugh Johnson, op. cit., pág. 44.

También ha supuesto un ahorro en el volumen de madera utilizada, reduciéndose también la cantidad de residuos.

Las chapas que lo conforman se obtienen normalmente por desarrollo y por rebanado, aunque antaño se obtenían también por sierra. Para el primer caso se parte del rollizo o de trozas en función de la Cuchilla. En los otros casos se parte de semitroncos y también de piezas paralelepípedicas.<sup>1155</sup>

Después de la obtención de las chapas, el proceso que se sigue es superponerlas de modo que las fibras vayan alternando de manera que queden las chapas encaradas a contrahilo. Básicamente este es el proceso, pero más adelante será ampliamente detallado dado que en su fabricación radica su éxito.

#### **7.3.1.1.3 Nomenclatura.**

##### **- Nomenclatura general básica.**

Denominamos chapa a cada hoja o lámina de madera cuyo grosor es inferior a 7 mm.

Cada una de las chapas de madera que forman un contrachapado recibe el nombre de **HOJA**<sup>1156</sup>. Generalmente su disposición es simétrica respecto a la capa central (ya está formada ésta por un tablero<sup>1157</sup> o por una chapa), que se llama **NÚCLEO, ALMA, ÁNIMA, CORAZÓN, LÁMINA INTERIOR CENTRAL** y está situada en el eje de simetría.

Las chapas externas o de superficie se denominan **CARAS** o **LÁMINAS EXTERIORES**.

Si alguna cara presenta una calidad superior a la otra, se denomina **CARA ANTERIOR** o, simplemente **CARA**, y la otra cara, **CONTRACARA (back), CARA POSTERIOR, RESPALDOS** o **CHAPAS TRASERAS**. Si esta cara posterior contiene todos los defectos permitidos se denomina REJECK-

---

<sup>1155</sup> Toda la información aclaratoria la tenemos en el capítulo que se refiere a la madera en chapa.

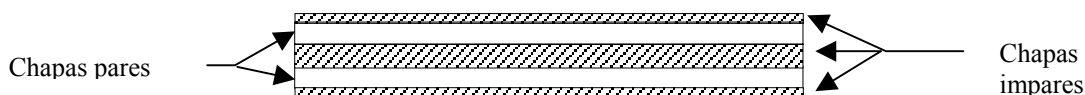
<sup>1156</sup> Aunque a veces se denomina *hoja* a la plancha compuestas por varias láminas o chapas de madera, es decir, al producto acabado.

<sup>1157</sup> Ya hemos comentado que a los tableos de alma enlistonada se les denomina también contrachapados.

BACK (cara trasera defectuosa o respaldo rechazado) y al tablero que la incluye en su construcción se le denomina tablero de clase reject-back.<sup>1158</sup> Si esta cara no contienen defectos se le denomina respaldos sanos.

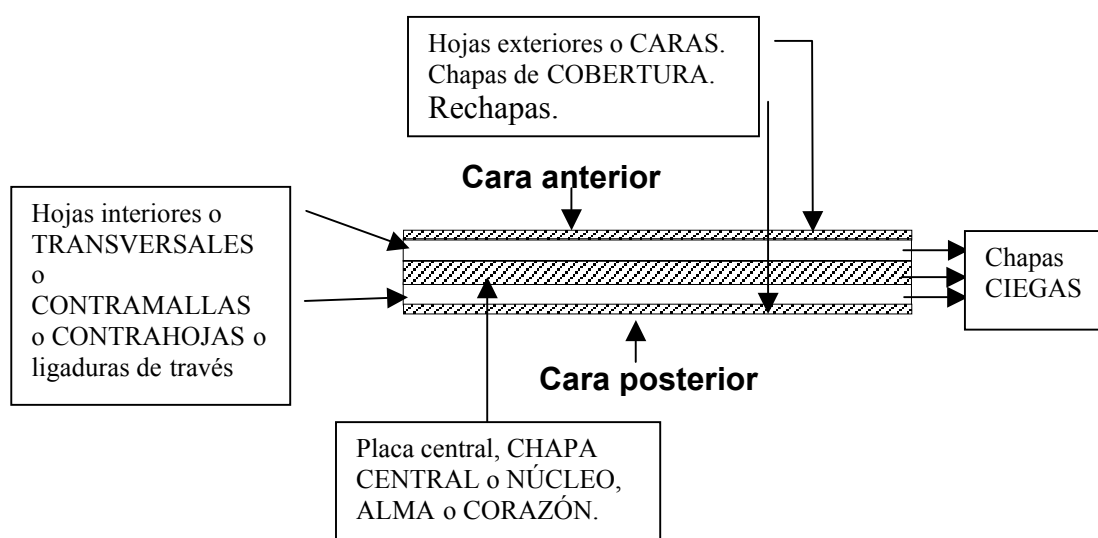
Las láminas dispuestas perpendicularmente e inmediatamente a continuación de las exteriores se denominan **HOJAS ALTERNADAS, CHAPAS TRANSVERSALES, CAPA TRANSVERSAL (Cross band), TRAVESERO, LIGADURAS DE TRAVÉS o CONTRAMALLAS.**<sup>1159</sup>

Aunque también se fabrican tableros con un número de chapas par, lo normal son los tableros con número impar y, en este caso, sus chapas se denominan también **CHAPAS IMPARES** (las chapas de cara y el alma, lógicamente, son siempre chapas impares) y **CHAPAS PARES.**



El grosor de las hojas puede ser el mismo en todas ellas o no, y el alma ser, por ejemplo, de mayor grosor, o tener las hojas internas con idéntico grosor y las caras con uno más fino, etc.

#### **Ejemplo de un tablero de 5 hojas.**

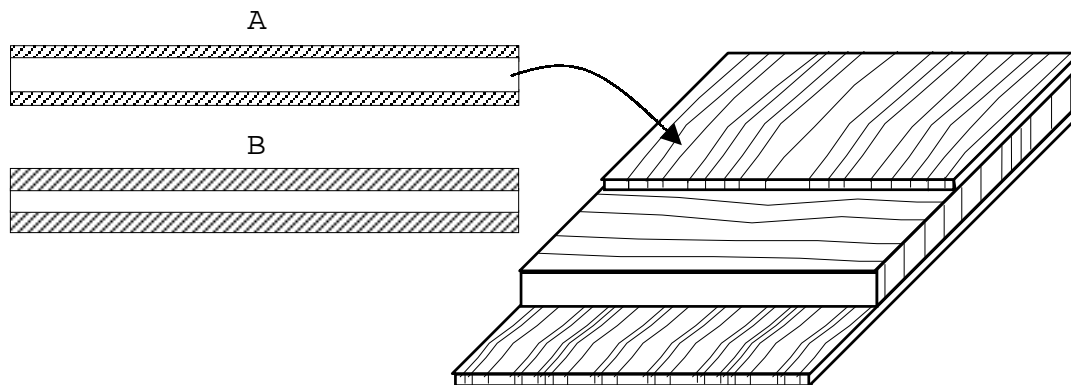


<sup>1158</sup> Esta denominación apenas se usa ya. Véase el apartado destinado a calidades, dentro de este mismo capítulo.

<sup>1159</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 34.



### Tableros de 3 hojas

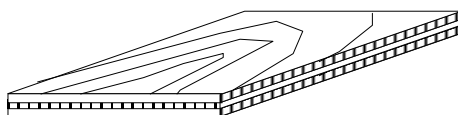


Al tablero del caso A se le denomina **Tablero de núcleo duro** o **Tablero de alma espesa**<sup>1160</sup> y su resistencia es aproximadamente la misma en las dos direcciones.

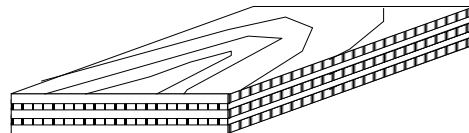
En el caso B, **Tablero de “tres láminas”**, la resistencia es mayor en la dirección de las chapas de cara, por ser dos. El grosor de cada lámina es 1/3 del total.



Tablero de 5 hojas con alma de chapa.



Tablero de 3 capas  
(Núcleo de chapa de madera)



Tablero de 5 capas  
(Núcleo de chapa de madera)

Tableros de chapas de igual grosor.

El nº de chapas corriente es de tres (suelen ser los tableos más delgados) y recibe el nombre de **Tablero contrachapado normal**<sup>1161</sup>. Como

<sup>1160</sup> En este caso la chapa central suele sobrepasar los 5 mm.

<sup>1161</sup> Lo más habitual es que las caras del tablero estén dispuestas en el sentido longitudinal y el alma en sentido transversal, pero a veces puede ocurrir que las chapas externas estén dispuestas a contrahilo, respecto la dirección longitudinal del tablero y el alma esté a hilo, o siguiendo la dirección longitudinal del mismo.

ya comentamos, el número de chapas es impar: 3, 5, 7<sup>1162</sup>, etc., pero también los hay de capas pares.

Cuando el núcleo o alma (en el caso de los contrachapados de tres hojas) es de mayor grosor que las caras, suele recibir el nombre de **Contrachapado de corazón grueso** o **Contrachapado de corazón**<sup>1163</sup>.

Pero también recibe otras denominaciones como



Tablero de 10 mm, 7 chapas.

**Contrachapado de alma maciza** o **Contrachapado equilibrado**.

Pasando de ese número de chapas (5, 7, 9, etc.) se denominan **Tableros multilaminares, multicapa, multiplex o multipliegues**, pudiendo alcanzar en algunos casos hasta 40 mm de grosor.<sup>1164</sup> Aunque pueden hacerse más gruesos, por ejemplo, para cubiertas. Suelen ser tableros muy gruesos, pero también los hay extremadamente delgados, que son los **Tableros de aviación** con grosores de 0,8; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5 y 3 mm.

Como dijimos, cada hoja se monta de manera que sus fibras formen ángulo recto (90°) con las hojas contiguas. A esta disposición se le denomina: **Hojas cruzadas, alternadas** o **cruce normal** y al tablero se le denomina **Tablero de fibra cruzada** o **Tablero de hojas alternadas**. Es la disposición más habitual, pero no la única:<sup>1165</sup>

Si las hojas se encolan siguiendo todas la misma dirección, se conforma el **Tablero laminado, Tablero de fibra paralela, Tablero contrachapado al hilo** o **Tablero a la veta**.

---

<sup>1162</sup> De esta manera las dos caras presentan sus hojas con la misma dirección de la fibra.

<sup>1163</sup> «Si se trata de obtener una hoja de 9 mm, con sólo tres láminas, podemos utilizar un corazón de 5,6 mm y dos láminas para las caras de 1,7 mm cada una» (Griñan y Parés, op. cit., pág.49).

<sup>1164</sup> Este tablero se suele fabricar con chapas de igual grosor o, también, con las interiores más gruesas. Suelen ser comunes los grosores de 13, 16, 19, 22, 30 y 38 mm. Éstos últimos suelen tener por lo menos 19 capas.

<sup>1165</sup> «Las propiedades mecánicas del tablero se pueden especificar en relación con la dirección de las fibras de las chapas externas (paralela o perpendicular)» [Francisco Arriaga Martitegui, et. al., op. cit., pág. 152].

Si las hojas se superponen formando 45° (con los cantos, pero entre sí forman 90°), o también 60° o 120° u otros distintos de este (cruce diagonal), se denominan: **Tableros de hojas estrelladas**<sup>1166</sup>, **Tableros de hojas en estrella o Madera en chapas estrelladas**. Esta disposición tiene la misión de igualar las resistencias de tracción en la dirección longitudinal y transversal.

El contrachapado de 5 hojas (también denominado **Panel quíntuple**) tiene normalmente de igual espesor las tres hojas interiores y más delgadas las otras dos exteriores, aunque también pueden estar compuestos por cinco láminas de igual espesor.<sup>1167</sup> Estos últimos son muy comunes en los tableros finlandeses.

El tablero fabricado con más hojas es mucho más caro que el fabricado con menos, de esta manera si se construyen dos tableros de 8 mm y uno de ellos tiene más hojas que el otro, aquel resultará más caro. Normalmente esto lleva pareja una calidad inferior en cuanto al tipo de encolado, tipo de madera y estabilidad dimensional. Pero lo que es más importante, que al ir aumentando el número de hojas, las propiedades en las direcciones paralela y perpendicular a las fibras se van igualando y la resistencia del tablero va aumentando, es decir, la construcción de varias láminas equilibra la estructura del tablero y elimina la anisotropía de la madera.<sup>1168</sup>

- **Otra nomenclatura según normas UNE.**<sup>1169</sup>

- **Tablero contrachapado equilibrado:** (Balanced plywood). Tablero contrachapado en el que las capas son simétricas respecto a la capa central en espesor, dirección de la fibra y especie.

---

<sup>1166</sup> A estos tableros también suele denominárseles *Tableros de fibra cruzada*, aunque las fibras de sus chapas no formen 90°.

<sup>1167</sup> A estos últimos, Ralph Mayer los denominaba *contrachapados macizos* y aseguraba que eran fabricados [en EE.UU.] totalmente con madera de arce y que seguramente eran más duraderos que los de núcleo grueso y chapas exteriores finas (Ralph Mayer, op. cit., pág. 233).

<sup>1168</sup> Para más información vid. Francisco Arriaga Martitegui, et. al., op. cit, pág. 152 y literatura técnica de UPM Schauman Ibérica, S.A. “Wisa®-Form contrachapado de Schauman para encofrados de hormigón”, Finland, 2000.

<sup>1169</sup> Norma UNE-EN 313-2:2000.

- **Tablero contrachapado en chapas:** (Veneer plywood). Tablero contrachapado en el que todas las capas están formadas por chapas orientadas paralelamente al plano del tablero.
- **Tablero contrachapado con alma:** (Core plywood). Tablero contrachapado que incluye en su composición un alma.
- **Tablero contrachapado enlistonado:** (Blockboard). Tablero contrachapado con un alma compuesta por listones de madera maciza, encolados o no entre sí, y de anchura comprendida entre 7 mm y 30 mm.
- **Tablero contrachapado laminado:** (Laminboard). Tablero contrachapado en el que el alma está constituida por láminas de chapa de desenrollo de un grosor máximo de 7 mm, dispuesta de canto y encoladas todas ellas o al menos en su mayor parte.
- **Tablero contrachapado compuesto:** (Composite plywood). Tablero contrachapado en el que el alma (o determinadas capas) está constituida por materiales diferentes a la madera maciza o las chapas. En este caso el tablero debe incluir al menos 2 capas con la fibra cruzada, a cada lado del alma.
- **Tablero contrachapado moldeado:** (Moulded plywood). Tablero contrachapado que no es plano, elaborado bajo presión sobre un molde.
- **Tablero contrachapado con la fibra a lo largo:** (Long grain plywood). Tablero contrachapado en el que la dirección de la fibra de las caras es paralela o aproximadamente paralela a la dimensión mayor del tablero.
- **Tablero contrachapado con la fibra a lo ancho:** (Cross grained plywood). Tablero contrachapado en el que la dirección de la fibra de las caras es paralela o aproximadamente paralela a la dimensión menor del tablero.

- **Abarquillado:** (Cup). Deformación del tablero en el sentido de su anchura.
- **Flecha de cara:** (Bow). Deformación del tablero en el sentido de su longitud.
- **Alabeo:** (twist). Deformación en espiral de un tablero.

#### 7.3.1.1.4 Materiales.

Dada la naturaleza del material, no es posible su fabricación fuera de industrias especializadas. No es posible su fabricación artesanalmente.

Las prestaciones y propiedades técnicas van a depender no sólo de las especies vegetales usadas, sino también del adhesivo empleado y de la calidad de la materia prima.

Las propiedades de tipo estético las obtendremos del aspecto que presenten cara y contracara, de las especies a que pertenezcan y de su calidad (nudos, fendas...)

- **Materia prima: chapas de madera.**<sup>1170</sup>

El consumo de chapa es realmente importante y, según Spanngel «responde a dos exigencias cuyo origen es diferente. Una de ellas se debe al procedimiento técnico [se consigue fácil y rápidamente], en tanto que la otra tiene su origen en la creación formal»<sup>1171</sup>

Estas chapas de madera representan del 30% al 50% de los gastos totales de fabricación, el resto lo componen los adhesivos principalmente y otros aditamentos como las cargas, etc.

#### ○ Características.

Las características fundamentales podrían ser las siguientes:<sup>1172</sup>

<sup>1170</sup> A veces se les suele llamar **pliegues**; recordemos los *tableros multipliegues*.

<sup>1171</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 163.

<sup>1172</sup> , Luis García Esteban et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 71.

Resistencia mecánica de la madera.

Facilidad de encolado.

Ausencia de alabeos y fendas.

Diámetros grandes.

Densidad inferior a 0,800.

○ **Especies.**<sup>1173</sup>

Realmente se podrían utilizar casi todas las especies vegetales maderables que sean susceptibles de desenrollo o de corte a la plana. Tradicionalmente, por cuestiones económicas principalmente, se han venido utilizando especies fácilmente desenrollables. Las especies que no se prestan fácilmente para el desenrollo se pueden rebanar, obteniéndose chapas planas de maderas nobles o finas.



Bosque de abedules.  
Cortesía de FinnForest. Finlandia.

Las especies con las que comenzó su fabricación fueron abedul<sup>1174</sup> y ocumé<sup>1175</sup> pero la investigación y las mejoras en los procedimientos y

---

<sup>1173</sup> Consúltese también el capítulo correspondiente a *Madera en chapa*.

<sup>1174</sup> El abedul es una excelente materia prima para los contrachapados porque su calidad es uniforme, con excelentes características resistentes y buenas condiciones para el encolado.

<sup>1175</sup> Aunque, como es lógico, al principio se utilizaron, además, otras especies que no arraigaron tanto como aquellas: «A finales del siglo XIX empezaron a fabricarse paneles de madera contrachapada de Tulipero americano, de fibras cruzadas. (...) A finales del XIX Europa importó de América, para cubrir el techo de los carruajes, paneles de una sola pieza de madera contrachapada de Tulipanero, de fibras transversales, pero no llegó a imponerse» (Hugh, pág. 132). En los años 50, se fabricaban con «arce y abedul, en menor escala el chopo, tilo, aliso, nogal, cerezo, fresno, plátano y haya» (Carlos Fdez.-Prida y García Mendoza, “utilización de la madera como material de construcción en la industria aeronáutica”, *Montes*, Año VI, n° 31, Ene.-Feb., 1950, Montes, Madrid, pág. 50).

maquinarias de obtención hicieron posible la gradual incorporación de otras muchas especies que actualmente podemos disfrutar. Es evidente que cada país, región o área geográfica concreta explotan y/o utilizan fundamentalmente especies autóctonas, además de las posibles importaciones. Así son clásicos los tableros de abedul y picea de Finlandia, abedul de Rusia, los de coníferas (pino Oregón, por ejemplo), de EE.UU. y Canadá, chopo y pino radiata en España, etc.

Quizá, para nosotros, la especie más conocida sea el ocumé<sup>1176</sup> por estar presente constantemente en nuestra vida (a veces sin darnos cuenta de ello). Es fácilmente detectable por su aspecto rosáceo asalmonado.

Es importante usar especies que posean fibras blandas con sus anillos anuales no demasiado desarrollados para que el desenrolle sea lo más homogéneo posible, en cuanto a los anillos se refiere. En el caso de las resinosas, su estructura es más homogénea porque en ella las traqueidas ocupan el 90% de volumen celular, pero tienen el problema de que la madera de primavera y de verano tienen características muy diferentes, con lo que, teóricamente se tendría que regular el torno de manera diferente para cada una de ellas. En el caso de las frondosas, como sus vasos suelen tener grandes diámetros y ocupan en algunos casos hasta el 55% de su superficie, ocurre que al producirse el desenrollo estos vasos son cortados longitudinalmente, dejando un acanalamiento que se traduce en pequeñas grietas.<sup>1177</sup>

Para Spannagel las especies que se prestan de manera excelente son el chopo, el aliso, el abedul y el ocumé, y «desde que se ha obtenido el desenrollado de la madera de haya roja, también se emplea, por motivos económicos, esta madera algo más dura.»<sup>1178</sup> Como ya se comentará mas adelante, cuando hablemos de los usos de estos tableros, las especies a usar serán elegidas según las características resistentes, decorativas, etc. que presenten. Así el haya, antes mencionada es muy usada para

---

<sup>1176</sup> Que como ya dijimos es una especie endémica de Guinea y Gabón. Y al tablero fabricado con su chapa se le denominaba *contrachapado del Gabón*.

<sup>1177</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 76.

<sup>1178</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 168.

situaciones que no requieran grandes resistencias como traseras de armarios, fondos de cajones, etc.

Como ya se comentó en el capítulo dedicado a *tableros (generalidades)*, la madera de balsa fue utilizada junto con el abedul en la industria aeronáutica, por su baja densidad y, por tanto, su bajo peso.

Otras especies usadas son el abeto Douglas (para la construcción), el cedro, el pino amarillo<sup>1179</sup>, el pinabete, el aliso, el fresno, el roble blanco, el rojo, el tilo, y el arce.



Abetos y abedules de Finlandia.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

También son muy usadas otro tipo de maderas, pero sólo como forro exterior con fines decorativos, dado su alto precio. Son las denominadas maderas nobles o exóticas o tropicales. Entre ellas tenemos: el nogal<sup>1180</sup>, caoba (de Honduras o de Cuba, por ejemplo), ukola, embero, teca, obeche, lauan rojo, amaranto y ocumé es decir, casi todas las maderas nobles usadas en ebanistería para rechapar.

También se generan contrachapados más resistentes encolando las chapas de maderas duras en las caras, si se fabrican tableros que contengan especies duras y blandas.

Algunos países fabrican sus tableros con especies autóctonas y han desarrollado una industria muy importante. Entre estos se encuentran Canadá, Finlandia y EE.UU. Sus tableros más comunes son:

□ Finlandia:

Frondosas.<sup>1181</sup>

---

<sup>1179</sup> Muy usado en EE.UU., es un grupo general de cuatro especies principales: “longleaf”, “shortleaf”, “loblolly” y “slash”, que crecen desde el Este de Texas hasta Virginia. Está considerado en EE.UU. como la especie de madera estructural más resistente para las aplicaciones de ingeniería y estructuras.

<sup>1180</sup> Se usa mucho para contrachapados decorativos, pero el principal problema de su utilización es que tarda muchos años en desarrollar un tamaño rentable.

<sup>1181</sup> La escasez de abedul está amenazando a la industria del contrachapado finlandés por eso intentan, con distintos programas de investigación, hallar un sustituto en la picea, de la que poseen amplias reservas.



- Abedul: Abedul común.<sup>1182</sup>
- Abedul blanco o plateado.<sup>1183</sup>

#### Coníferas:

- Pino silvestre, pino norte.<sup>1184</sup>
- Picea<sup>1185</sup> (también llamada white wood y spruce).
- EE.UU.:

Coníferas: Abeto Douglas o pino Oregón<sup>1186</sup>.

Frondosas: Importantes en la construcción de almas para tableros son las siguientes especies:

(...) La madera del tulipanero (American Tulipwood) es de las más populares para alma de tableros. Una importante razón es su bajo coeficiente de contracción. (...) Especies con similares características de contracción son el chopo americano (Cottonwood), el magnolio (Magnolia) y el sauce (Willow), lo que da a entender que estas especies podrían ser usadas igualmente para la construcción de almas.<sup>1187</sup>

- Canadá: Coníferas: Abeto Douglas.
- España<sup>1188</sup>:
  - Coníferas: Pino radiata.
  - Frondosas: Chopo.

Desde los años 50 se han utilizado infinidad de especies en todos los países productores del mundo:

- Brasil: Coníferas: Pino del Paraná (1950).
- Surinam: (1950). *Virola surinamensis* (baboen o banak).
- Australia: (1950). Pino (*Araucaria Cunninghamhamii*), Eucalipto.
- Africa ecuatorial occidental francesa: (1950) ocume. (1959): ocume.
- Congo belga: (1950): Kiaat, Korina.

<sup>1182</sup> Pubescent birch (*Betula Pubescens*).

<sup>1183</sup> Bircala birch (*Betula Pendula*).

<sup>1184</sup> Según Aitim «es un pino de lento crecimiento del norte de Karelia, una región que perteneció a Rusia, situada en la costa norte del lago Pielinen» (“Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 82).

<sup>1185</sup> *Picea Abies* Karst. syn *P. excelsa* Link. Sus mejores cualidades son su ligereza y baja permeabilidad.

<sup>1186</sup> *Pseudotsuga menziesii*.

<sup>1187</sup> “Maderas de frondosas de los Estados Unidos”, American Hardwood Export Council y USDA Foreign Agricultural Service, Spanish (Rev. 8/89), USA, 1989, pág. 3.

<sup>1188</sup> En España, estos tableros se destinan a usos generales, no son tan específicos, por ejemplo, como los tableros finlandeses, que suelen fabricarse para usos muy concretos. Nuestros tableros equivaldrían a un tablero tipo standard, de los fabricados en los países con una industria del tablero derivado de la madera más desarrollada.

- ❑ Norte de Europa: pino, abedul, pinabete y en menor escala: álamo, aliso, haya, roble ...
- ❑ España: (1953) Ocume y lo que se denominó “maderas varias”, después de la Guerra Civil Española: especies como el Asia, Samanguila, Abe<sup>1189</sup>, Afo, Abeday, etc., Especies nacionales también desenrollables: chopo, haya, pino insignis, Pino silvestre, Abedul, aliso, Fresno.
- ❑ España (1966): Principales maderas de procedencia nacional utilizadas para chapas y tableros según las normas: UNE 56501, 56503, 56504 Y 56505: Abe, Abedul, Afo, Amon, Andjung, Chopos, Ekop-ekada, Ekum, Haya, Ngong, Nsu, Ntom, Okolanguma, Okume, Pino insignis, Pino silvestre, Pino negral.
- ❑ Inglaterra(1955): Tablero contrachapado de “Lauan” del Japón en lugar del de abedul, porque es más barato y sirve para los mismos fines.
- ❑ Italia (1955): Chopo.
- ❑ Rusia (1955): Abedul.
- ❑ URSS (1986): Pino ruso, alerce, abetos siberianos, abedul.
- ❑ Camerún (1959): Ilomba.
- ❑ Costa de marfil (1959): Samba.
- ❑ Congo Medio (1959) [Zaire]: Imba.

Según Aitim<sup>1190</sup>, en nuestro país también se comercializan otros tableros fabricados, o sólo rechapados, con otras especies (coníferas y frondosas)



Abedul ruso. WBP. 12 mm. 9 chapas calidad III. Forest Traffic, S.L.

como haya, chopo, nogal, roble, pino Valsaín, pino insignis, pino tea, abedul, pino Oregón. También especies tropicales como ocumé, mansonia, mukaly, samba, ukola, embero, mongoy, perigota y sapelli.

<sup>1189</sup> También se le denomina Canarium del Gabón.

<sup>1190</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994., pág. 150.

La escasez de materia prima destinada a sectores muy concretos, ha hecho que otras especies de características similares (a veces hasta superiores) pasen a ocupar el sitio dejado por aquellos. En el caso de embarcaciones deportivas, dedicadas a las regatas por ejemplo, las especies que más se utilizaban eran el roble, la teca y la caoba; ante la escasez, sobre todo de la teca y la caoba, se sustituyeron con éxito por especies de maderas duras tropicales como el utile, el iroko y el opepe.<sup>1191</sup> Otras especies utilizadas fueron: LIMBA y AVUMÉ. Se usaron en situaciones en las que «(...) se les va a exigir un cierto trabajo de la madera, pues su constitución ofrece garantías».<sup>1192</sup>

Otras maderas de desarrollo obtenidas de la que fue Guinea española se usaron, en menor porcentaje que el okumé, hacia 1951: Abe, Afó, Akom, Amén-Eguiora, Anchun-Andung, Andong, Anguep, Anguekong, Asan-okes, Asia, Egong-Nohong, Ekan, Ekua, Ekuk, Ekaba, Ekop, Enug-Enuk, Etom, Nek, Ngong, Akeban-Evan, Nsang, Nsu-Nusibiano, Ntum, Ochicuna, Olem, Okolanguma.<sup>1193</sup>

También se utilizaron Samanguila, Abebay.

- **Dimensiones del tablero y número de chapas que lo componen.**

Tamaños estándar:

Las dimensiones más habituales son:

- Largo: 2,44 m (96 pulgadas).
- Ancho: 1,22 m (48 pulgadas).

Aunque también los hay de 3,66 m de largo (144 pulgadas) y 1,52 m de ancho (60 pulgadas).

---

<sup>1191</sup> Hugh Jonson, op. cit., pág. 188.

<sup>1192</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 159.

<sup>1193</sup> Cesar Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, Año X, nº 57, Mayo-Junio, 1954, Montes, Madrid, pág. 198

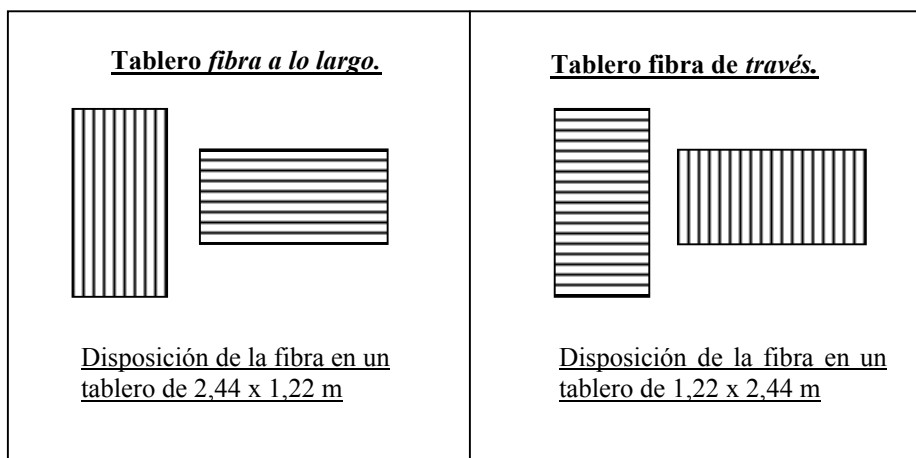
Estas extrañas cifras derivan de su medición en el sistema anglosajón que utiliza pulgadas. Junto a su medida en el sistema métrico decimal, ofrecemos su conversión a pulgadas.<sup>1194</sup>

Si observamos la cara y contracara de los tableros, normalmente la fibra sigue la dirección mayor o longitudinal, aunque esto no tiene porqué ser así. La nomenclatura que utilizamos para referirnos al formato de nuestros cuadros, es la



Abedul ruso. WBP. 26 mm. 19 chapas. Calidad III. De Forest Trafic, S.L.

misma que utilizan los fabricantes de tableros, es decir, la primera cifra corresponde al alto y la segunda al ancho:



Es decir que un panel con unas medidas tales como 1,22 x 2,44 m significa que la longitud del panel es de 1,22 m y su anchura es de 2,44 m

También hay tableros de 1 x 2 m<sup>1195</sup>, de 2,50 x 1,22 m, etc.

<sup>1194</sup> Recordamos que una pulgada equivale a 25,4 mm o si se prefiere 2,54 cm.

Tamaños de paneles estándar (Finlandia) <sup>1196</sup>			
Construcción con chapas finas de abedul de 1,4 mm		MetsäSpruce	
Longitud (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)	Anchura (mm)
1200	1200 / 2400 / 2700 / 3000 / 3600	910	1820
1220	1200 / 2440 / 2745 / 3050 / 3660	1820	910 / 1820
1250	1250 / 2500 / 2750 / 3000 / 3600	2400	1200
1500	1500 / 2500 / 2750 / 3000 / 3600	2440	1200 / 1220
1525	1525 / 2440 / 2745 / 3050 / 3660	2500	1250

Los formatos 910 x 1820, 1820 x 910 y 1820 x 1820, en MetsäSpruce, corresponden, en exclusiva, al mercado japonés. En paneles revestidos como MetsäDeck, MetsäFloor, MetsäDiamond, MetsäTop, MetsäSP, MetsäWhite, la anchura máxima es 3050 mm.

Esta variedad de formatos y la posibilidad que ofrecen estos fabricantes del corte a medida abren muchas posibilidades en los soportes pictóricos ya que lo ofertado, digamos en el ámbito usuario, es bastante limitado: de 2,44 a 2,50 x 1,22 m. Ya vemos que a otros niveles profesionales las posibilidades son mayores. Nosotros podemos adaptar como soportes pictóricos tableros diseñados con otros fines, bastará con estudiar detenidamente sus características y propiedades y decidir si su comportamiento será lo suficientemente estable para no generar problemas en la capa pictórica.

#### Otros formatos:

Realmente la limitación la imponen las prensas, y los medios de transporte. Por medio del cosido de chapas haríamos tableros de dimensiones infinitas si pudiéramos prensarlas y transportarlas adecuadamente. En los años 50 se fabricaron tableros de Douglas Fir más de 40 pies de longitud<sup>1197</sup> para ser usados como forros de

<sup>1195</sup> Formato antiguo.

<sup>1196</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, *FinnForest plywood handbook*, FinnForest Plywood Division, Lahti, Finland, 1999, pág. 47.

<sup>1197</sup> Unos 12 m.

embarcaciones.<sup>1198</sup> En la actualidad se siguen fabricando con otras especies por las empresas más potentes del sector. La firma Schauman suministra algunos de sus tableros en tamaños bastante mayores, son sus **Tableros**



Tablero maxi de 12 chapas más el recubrimiento. Puede apreciarse la junta en bisel que une los tableros.

Cortesía de Schauman Wood Oy.

**Maxi**, con unas dimensiones máximas de 13,50 x 2,55 m.

También la firma finlandesa FinnForest fabrica tableros de tamaño gigante, son los **Paneles extra grandes**. Se trata de paneles ensamblados en la dirección del grano de cara. Para

la unión de los tableros suelen usarse acoplamientos biselados y a media madera y resinas WBP de tipo fenol-resorcinol.<sup>1199</sup> Estas juntas tienen una capacidad de carga del 90% de la de un tablero estándar<sup>1200</sup>, esta resistencia es más que suficiente para el uso que le damos en las BB.AA.

El tamaño máximo de estos tableros es de 12,0 x 2,7 m, con un peso máximo de 250 Kg/panel. Con unos espesores de 6,5 a 21 mm.

Paneles extra-grandes de FinnForest	
Longitud (mm)	Anchura (mm)
Desde 2000 hasta 12000	Desde 500 hasta 2.700
	1200 / 1250
	1500 / 1525

Juntas de dilatación: dado que tienen débiles movimientos es aconsejable dejar juntas de dilatación en caso de unir tableros entre sí.

<sup>1198</sup> “La madera empleada en la construcción de pequeños barcos de la Marina y para barcos salvavidas”, *Montes*, Año VIII, nº 47, Sept-Oct, 1952, Montes, Madrid, pág. 373.

<sup>1199</sup> Estos gigantescos tableros se fabrican con y sin recubrimientos superficiales. Dentro de los segundos tenemos los tableros del tipo MetsäPly y dentro de los primeros los MetsäDeck y MetsäForm (de abedul y combi).

<sup>1200</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág. 46.

Se recomiendan juntas de 0,5 a 1 mm por cada metro lineal de tablero.

En la actualidad los formatos más habituales son:

- 2,44 x 1,22 m. (Más del 85% de los contrachapados fabricados).
- 2,50 x 1,22 m.

En los años 50, por ejemplo, en España las dimensiones habituales eran de 1 x 2 m, siendo el grosor de 3 mm (1mm por cada chapa).

El grosor de los tableros suele oscilar entre los 3-4<sup>1201</sup> mm y los



Tablero SPF Plywood C-C WBP. Canply. **4 chapas.**  
Muestra remitida por CANPLY.

30 mm, dependiendo de los espesores de las chapas y del número de éstas.

Según Arredondo, el espesor de las chapas suele oscilar entre 0,25 y 6 mm<sup>1202</sup>

El número de chapas varía entre 3 y 24. Como mínimo tres chapas. La secuencia de chapas sería la siguiente: 3, 5, 7, 9, 11, etc.

Aunque también los hay de cuatro y seis chapas:

[El tablero contrachapado] está formado por dos gruesas placas encoladas, estando la fibra en la misma dirección y perpendicular con respecto a las placas de las caras.

Este tipo es más rígido en una dirección y se utiliza normalmente para trabajos estructurales.

El de seis placas es de construcción semejante al de cuatro, si bien el alma queda paralela a las caras, con la placa transversal en el centro.<sup>1203</sup>

<sup>1201</sup> Los contrachapados de menos de 3 mm sólo se emplean para casos muy particulares y se encuentran en proveedores especializados. Se les denomina corrientemente *contrachapado de aviación*.

<sup>1202</sup> Arredondo y Verdú, op. cit. , pág. 989.

<sup>1203</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 35.

Pero hay tableros de poco grosor que pueden tener hasta 24 chapas.<sup>1204</sup>

Los tableros de tres chapas suelen establecer los límites de su grosor entre los 0,8 y los 6 mm, siendo, por lo general, en los de 3 mm de espesor, las tres chapas del



Tablero de **6 chapas** SPF Plywood WBP.  
Muestra remitida por CANPLY (anteriormente COFI).

mismo grosor, pero pasando de ese grosor suele ser el alma más gruesa que las caras. Los hay más finos de 0,4 y 0,6 mm, pero se trata de tableros finos especiales de la fabrica Mahogany Oy:

Construcciones, espesores y dimensiones estándar de contrachapados finos de abedul de la fábrica Mahogany Oy <sup>1205</sup>										
Nº de chapas	Espesores (mm)							Dimensiones de tableros (mm)		
3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1220 x 1220			
4	2,0							1270 x 1270		
5	2,0				2,5				1400 x 1400	
6 - 24	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0	1500 x 1500	

Los de cinco chapas (multiplex) superan los 6 mm de grosor, siendo habitual que las caras sean de grosor inferior a las chapas transversales y al alma. Aunque todas pueden tener el mismo grosor. Las transversales pueden tener un grosor inferior, «esto permite darle al tablero una rigidez igual a todo lo ancho y lo largo del mismo».<sup>1206</sup>

Algo parecido ocurre con los de siete chapas.

<sup>1204</sup> Cuantas más chapas formen el tablero más estable será. Si, además, las chapas son finas, su durabilidad aumentará pues si se le impregnara con algún protector, este impregnaría completamente a la chapa. Al haber más chapas hay más planos de encolado lo que, unido a que hay adhesivos con propiedades biocidas y funguicidas, hacen al tablero más resistente a los ataques de insectos xilófagos. (Vid. norma UNE-ENV 1099:1998).

<sup>1205</sup> Información técnica “Schauman WISA®-BIRCH. Contrachapado de abedul finlandés”, Schauman Wood Oy, UPM-Kymmene, Lahti, Finland, 2000.

<sup>1206</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 35.



Por ejemplo, en los tableros contrachapados finlandeses el espesor nominal de las chapas de abedul es 1,4 mm, mientras que los de las chapas de coníferas (abeto y pino) son de 1,4; 1,85; 2,1; 2,5 y 2,8 mm.<sup>1207</sup> Y las de picea de 2,6 y 3,2 mm.

El grosor de chapas más usado en la construcción de contrachapados de usos marinos (construcción de forros o cascos para embarcaciones) es mayor de lo ordinario, suelen tener 3,5 mm en las caras y grosores mayores en el alma y demás chapas internas.



Abetos de Finlandia.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

El número de capas varía según los grosores y las técnicas, siendo como hemos dicho casi siempre impar, buscando la simetría con las fuerzas que se producen al encolar las chapas y con las hinchazones que se producen en las mismas.

Los grosores standard son: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 20, 22, 24, 27, 30 mm.

Los tableros (hablamos de los de tres chapas) de mayor grosor suelen tener el alma de mayor grosor y de madera más blanda que las otras dos, por lo que resulta de peor calidad, pero suele ser más barato.

---

<sup>1207</sup> “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 60.

EQUIVALENCIAS ( $\approx$ )			
Sistema métrico decimal Milímetros (mm)	Sistema inglés o anglosajón Pulgadas (") <sup>1208</sup>	Sistema métrico decimal Milímetros (mm)	Sistema inglés o anglosajón Pulgadas (")
2	3/32	12	15/32
3	1/8	12,5	1/2
4	5/32	15	19/32
5	1/5	16	5/8
6,5	1/4	18	23/32
8	5/16	19	3/4
8,5	11/32	22	7/8
9,5	3/8	25,4	1
11	7/16	28,5	1 1/8

Combinación de grosores de chapas para conformar tableros de 3 y 5 chapas<sup>1209</sup> en virtud del grosor final:

ESPESOR (mm)						Nº de hojas
Del tablero	De las distintas hojas					
4	1,6      1,6      1,6					3
5	1,6      2,2      1,6					
6	1,6      3,2      1,6					
8	1,6	1,6	2,2	1,6	1,6	5
10	1,6	2,2	3,2	2,2	1,6	
12	1,6	3,2	3,2	3,2	1,6	

Las combinaciones 1ª y 3ª nos ofrecen la distribución de gruesos siguiente:

Ext.	Int.	Ext.
1,6	1,6	1,6
1: 1: 1		

Ext.	Int.	Ext.
1,6	3,2	1,6
1: 2: 1		

<sup>1208</sup> 25,4 mm = 1 pulgada.

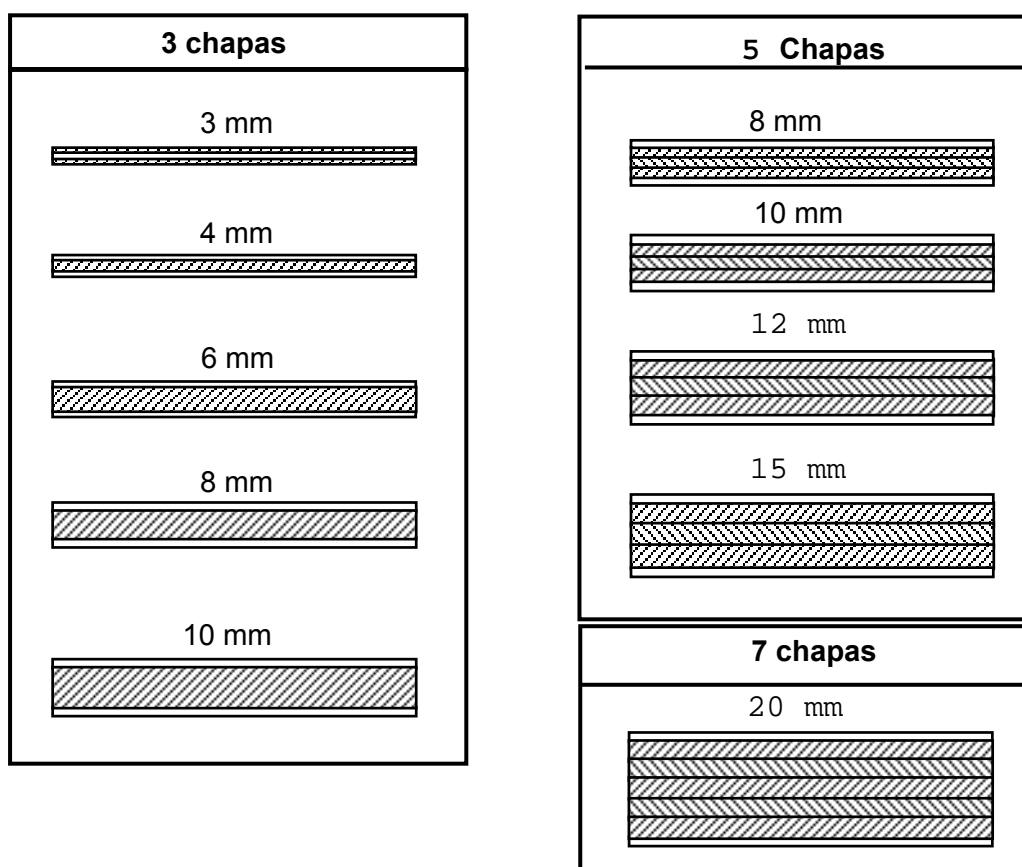
<sup>1209</sup> Según el *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978, pág. 112.

Es decir, en el primer caso el grosor es el mismo en las tres chapas. Esto quiere decir que el tablero resiste mejor los esfuerzos en la dirección de las chapas exteriores puesto que son dos.

En el segundo caso el alma tiene un grosor doble que el de cada una de las caras: el tablero es igual de resistente, aproximadamente en ambas direcciones.

<b>Resistencia a la tracción</b> <sup>1210</sup>	<b>1:1:1</b>	<b>1:2:1</b>
Longitudinal	870	820
Transversal	330	730

El espesor de la plancha tiene en principio exceso, de un 10%, sobre el espesor nominal ya que se produce una reducción de grosor al secar y prensar el tablero, y además, después del lijado se vuelve a reducir el grosor de 0,2 a 0,4 mm.



<sup>1210</sup> Carlos Fdez.-Prida y García-Mendoza, “Utilización de la madera como material de construcción en la industria aeronáutica”, *Montes*, Año VI, n° 31, Ene.-Feb, 1950, Montes, Madrid, pág. 50.

**Espesores, pesos y tolerancias dimensionales de los tableros contrachapados FinnForest.**

Las tolerancias de espesores de los paneles cumplen los requisitos de las normas ISO, SFS-EN 315 y SFS-EN 324.

Espesores, tolerancias de espesores, nº de chapas y pesos por metro cuadrado (HR 8-12%) de los tableros contrachapados lijados MetsäPly Standard, de FinnForest.<sup>1211</sup>

Número de chapas	Espesor (mm)			Peso aproximado por metro cuadrado (Kg/m2)		
	Espesor nominal (mm)	Tolerancias de espesores		Abedul	Combi	Twin/spruce
		Mín.	Máx.			
3	4	3,5	4,1	2,7		2,1
5	6,5	6,1	6,9	4,6	4,2	3,6
7	9	8,8	9,5	6,5	5,9	5,1
9	12	11,5	12,5	8,4	7,7	6,6
11	15	14,3	15,3	10,4	9,5	8,1
13	18	17,1	18,1	12,3	11,3	9,7
15	21	20,0	20,9	14,3	13,1	11,2
17	24	22,9	23,7	16,2	14,8	12,8
19	27	25,2	26,8	18,2	16,6	14,3
21	30	28,1	29,9	20,3	18,6	15,9
25	35	33,5	35,5	24,2		
29	40	38,8	41,2	28,0		
31/32	45	43,6	46,4	31,5		
35	50	48,5	51,5	35,0		

Espesores, tolerancias de espesores, nº de chapas y pesos por metro cuadrado (HR 8-12%) de los tableros contrachapados lijados MetsäPly Standard, de FinnForest.<sup>1212</sup>

<sup>1211</sup> Jouko Veistinen y Erkki Pennala, Op. cit., pág. 48.

<sup>1212</sup> Ídem, pág. 48.

Espesor nominal y número de chapas. mm/chapas	Promedio de espesor (sin lijar) (mm)	Tolerancias basadas en espesores nominales		Peso (sin lijar) (Kg/m <sup>2</sup> )
9/3	9,0	+1,1/-0,7	+0,5/-0,7	4,1
12/4	12,0	+1,2/-0,8	+0,6/-0,8	5,5
15/5	15,0	+1,3/-0,9	+0,7/-0,9	6,9
18/6	18,0	+1,3/-0,9	+0,7/-0,9	8,3
21/7	21,0	+1,4/-1,0	+0,8/-1,0	9,7
24/8	24,0	+1,5/-1,1	+0,9/-1,1	11,0
27/9	27,0	+1,6/-1,2	+1,0/-1,2	12,4
30/10	30,0	+1,7/-1,3	+1,1/-1,3	13,8

Promedio de pesos/m<sup>3</sup>, usado como base para obtener el peso/m<sup>2</sup> de tablero.<sup>1213</sup>

	Tipo de contrachapado				
	Birch	Combi	Twin	Spruce	MetsäSpruce
<b>Promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	690	640	550	530	460

FinnForest (58, 59, 60, 61) Sistema de construcción y ordenación de chapas.

BIRCH PLYWOOD (Abedul) (SFS 2417)		ORIENTED BIRCH PLYWOOD (Contrachapado de abedul orientado)		COMBI PLYWOOD (SFS4091)	
Construcción	nº de chapas	Construcción S1	Nº de chapas	Construcción	Nº de chapas
ABA	3	AABABAA	7	ADADA	5
ABABA	5	AABABABAA	9	ABCBBCBA	7
ABABABA	7	AABABABABAA	11	ABCBBCBCBA	9
ABABABABA	9	AABABABABABAA	13	ABCBBCBCBCBA	11
ABABABABABA	11	AABABABABABABAA	15	ABCBBCBCBCBCBA	13
ABABABABABABA	13	AABABABABABABABAA	17	ABCBBCBCBCBCBCBA	15
ABABABABABABABA	15	AABABABABABABABABAA	19	ABCBBCBCBCBCBCBCBA	17
ABABABABABABABABA	17	AABABABABABABABABABAA	21	ABCBBCBCBCBCBCBCBCBA	19
ABABABABABABABABABA	19	<b>Construcción S2</b>		ABCBBCBCBCBCBCBCBCBCBA	21
ABABABABABABABABABABA	21	ABBBABBBBA	9		
ABABABABABABABABABABABA	23	ABBBABABBBBA	11		
ABABABAB...ABABABABABABA	25	ABBBABABABBBBA	13		
ABABABAB...ABABABABABABA	27	ABBBABABABABBBBA	15		
<b>ABABABA...BB...ABABABA</b>	<b>28</b>	ABBBABABABABBBBA	17		
ABABABAB...ABABABABABABA	29	ABBBABABABABABBBBA	19		
ABABABAB...ABABABABABABA	31	ABBBABABABABABABBBBA	21		
ABABABAB...ABABABABABABA	33				
ABABABAB...ABABABABABABA	35				

<sup>1213</sup> Jouko Veistinen y Erkki Pennala, op. cit., pág. 50.

COMBI MIRROR PLYWOOD		TWIN PLYWOOD		CONIFER PLYWOOD (SFS 4092)	
Construcción	nº de chapas	Construcción	nº de chapas	Construcción	nº de chapas
ADADA	5	ADCDCDA	7	CDC	3
ADADADA	7	ADCDCDCDA	9	CDCDC	5
ADADADADA	9	ADCDCDCDCDA	11	CDCDCDC	7
ADADADADADA	11	ADCDCDCDCDCDA	13	CDCDCDCDC	9
ADADADADADADA	13	ADCDCDCDCDCDCDA	15	CDCDCDCDCDC	11
ADADADADADADADA	15	ADCDCDCDCDCDCDCDA	17	CDCDCDCDCDCDC	13
ADADADADADADADADA	17	ADCDCDCDCDCDCDCDCDA	19	CDCDCDCDCDCDCDC	15
ADADADADADADADADADA	19	ADCDCDCDCDCDCDCDCDCDA	21	CDCDCDCDCDCDCDCDC	17
ADADADADADADADADADADA	21			CDCDCDCDCDCDCDCDCDC	19

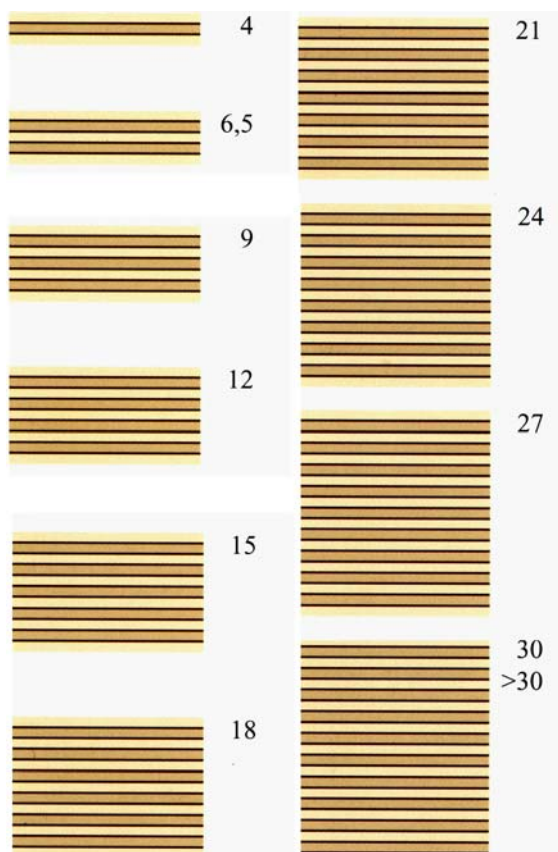
THICK-VENEER CONIFER PLYWOOD MetsaSpruce lijado	
Construcción	nº de chapas
MNM	3
MNNM	4
MNMNM	5
MNMMNM	6
MNMNMNM	7
MNMMMMNM	8
MNMNMNMNM	9
MNMNMNMNM	9
MNMNMNMNMNM	10

A	Abedul 1,4 mm //
B	Abedul 1,4 mm ⊥
C	Spruce 1,4 mm //
D	Spruce 1,4 mm ⊥
M	Spruce 3,0 mm //
N	Spruce 3,0 mm ⊥

**Tabla 1. Espesores, construcciones y pesos de los tableros Wisa-Birch en dimensiones estándar y Maxi. Contenido de humedad en fábrica 8-10 %.**

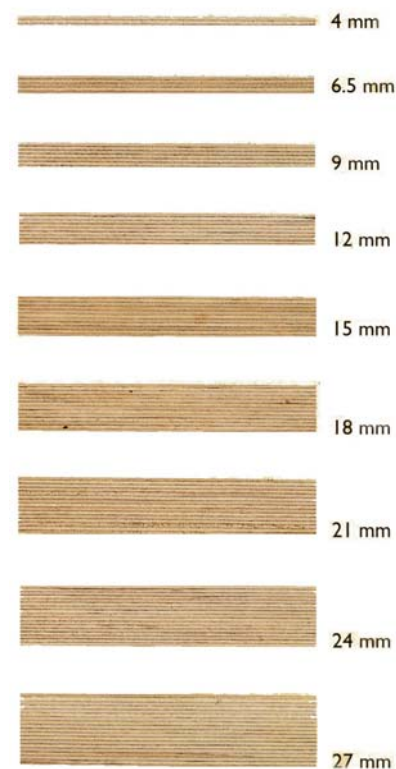
Espesor nominal (mm)	Número de laminas	Espesor real (mm)				Peso (kg/m²)
		Estándar		Maxi		
		mín.	max.	mín.	max.	
4	3	3,5	4,1	3,0	3,8	2,3
6,5	5	6,1	6,9	5,5	6,4	4,5
9	7	8,8	9,5	8,3	9,1	6,3
12	9	11,5	12,5	11,0	12,0	8,4
15	11	14,3	15,3	13,8	14,8	10,5
18	13	17,1	18,1	16,6	17,6	12,6
21	15	20,0	20,9	19,5	20,5	14,7
24	17	22,9	23,7	22,3	23,3	16,8
27	19	25,2	26,8	24,7	26,3	18,9
30	21	28,1	29,9	27,6	29,4	21,0
> 30		± 3 %				

Tabla de espesores Wisa-Birch.  
Cortesía de Schauman Wood oy.



Grosos de los tableros Wisa-Birch de Schauman Wood Oy.

#### STANDARD THICKNESSES



Grosos de los tableros de FinnForest..

Construcciones y espesores (mm) estándar de tableros Wisa-Form tamaño Maxi, Wisa-Form Super Abedul, contrachapado Combi y pesos/m2 del tablero base Combi (kg/m2). Humedad de los tableros 8 - 10 %.

Espesor nominal (mm)	Número de laminas	Espesor real (mm)				Peso del tablero base kg/m² (Combi)
		Estándar		Maxi		
		min.	max.	min.	max.	
6,5	5	6,1	6,9	5,7	6,5	4,2
9	7	8,8	9,5	8,3	9,0	5,8
12	9	11,5	12,5	11,0	12,0	7,7
15	11	14,3	15,3	13,8	14,8	9,6
18	13	17,1	18,1	16,6	17,6	11,5
21	15	20,0	20,9	19,5	20,4	13,4
24	17	22,9	23,7	22,5	23,2	15,4
27	19	25,2	26,8	24,4	26,0	17,3
30	21	28,1	29,9	27,2	29,0	19,2
>30		±3 %		-		(640 kg/m²)

Cortesía de Schauman Wood

### Calidades.

La calidad va referida a la de las chapas.

La clasificación de los tableros contrachapados desnudos o estándar se realiza por el tipo y cantidad de defectos<sup>1214</sup>. Sobre todo por la presencia de nudos en la cara y contracara, es decir, la calidad se mide de acuerdo a

<sup>1214</sup> Puede obtenerse información sobre esos defectos en la norma UNE-EN 313-2:2000.

la cantidad de nudos, juntas de las chapas y todo tipo de marcas superficiales. Se mide por el aspecto visual, en definitiva. Pero algo importante hay que tener en cuenta y es que las chapas de cara de las diferentes calidades no afectan a la resistencia y rigidez de los distintos paneles.

Las normas que rigen la calidad varían según los países y cada uno utiliza códigos de clasificación que suelen ir impresos en los tableros<sup>1215</sup>:

- Comunidad europea: Normas EN.
- Finlandia<sup>1216</sup>: Norma SFS 2413.

Clases de calidad para el abedul				
A	B	S	BB	WG
BU				

La calidad A no está disponible actualmente y es sustituida por la BU. Para superficies de alta calidad y acabado limpio.

La B para superficies con acabado limpio o teñido.

La S para superficies de alta calidad pintadas de manera opaca o recubrimientos finos.

La BB para estructuras. Uso interior. Pintadas de manera opaca o recubrimientos finos.

La WG para contracaras y estructuras.



Calidades de las chapas de cara de abedul finlandés.  
Cortesía de FinnForest Ibérica, S. L.

<sup>1215</sup> Estas normas se basan en recomendaciones hechas por la ISO (International Standard Organization, es decir la Organización Internacional para la Normalización).

<sup>1216</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al., op. cit., pág. 149.



(La 1ª letra indica la calidad de la cara y la 2ª o segundas letras, la de la contracara).

<b>Combinaciones de calidad de las caras en los contrachapados con cara de abedul</b>				
BU/BU	B/B	S/S	BB/BB	WG/WG
BU/BB	B/S	S/BB	BB/WG	
BU/WG	B/BB	S/WG		
	B/WG			

<b>Clases de calidad para las coníferas</b>				
E	I	II	III	IV

La clase E para alta calidad y acabado limpio.

La I para aplicaciones pintadas y acabados limpios.

La II para pintura opaca.

La III es la calidad más común para estructuras.

La IV es la calidad de contracaras. Puede ser pintada.

<b>Combinaciones de calidad de las caras en los contrachapados con cara de spruce</b>				
(E/E)	(I/I)	II/II	III/III	IV/IV
(E/I)	(I/II)	II/III	III/IV	
(E/II)	(I/III)	II/IV		
(E/III)	(I/IV)			
(E/IV)				

- Norteamérica:<sup>1217</sup> Clases A, B, C plugged (rellenada), C y D.

<sup>1217</sup> Información técnica obtenida de “Clases de tableros contrachapados norteamericanos”, APA The Engineered Wood Association, N° exp. G830 SP/revisado, septiembre, 1994, pág. 3.

La clase A indica que estamos ante la mejor calidad. Es una chapa lisa, lijada que se puede pintar. No tiene más de 18 reparaciones cuidadosas y paralelas a la veta. Está permitido subsanar con compuesto sintético.

La clase B presenta superficie sólida y lijada. Puede tener rellenos, reparaciones circulares y nudos hasta de 25 mm perpendiculares a la veta. Están permitidas grietas de hasta 0,75 mm. Está permitido subsanar con compuesto sintético.

La clase C plugged (rellenado) es una chapa "C" mejorada, con grietas no mayores de 3 mm de ancho; agujeros de nudos y perforaciones no mayores de 6 mm x 12,5 mm. Se permiten grietas resultantes del lijado pero no rajaduras y reparación con material sintético.

La clase C tiene nudos hasta de 37,5 mm. Agujeros de nudos de 25 mm perpendiculares a la veta, algunos de hasta 37,5 mm. Reparaciones de madera o sintéticos. Se permiten manchas y defectos de lijado que no afecten su fortaleza; número limitado de grietas y suturas. Es el grado menor permitido en paneles de uso exterior.

Conforme descendemos alfabéticamente hasta D descendemos en calidad, presentando ésta fendas, decoloraciones, nudos y agujeros de nudos hasta de 62,5 mm de ancho, perpendiculares a la veta. Se permite cierto número de rajaduras y suturas. El uso de paneles clase "D" está limitado a la cara posterior o capas interiores de paneles exposure 1.

Normalmente estos códigos sólo hacen referencia a la calidad de las chapas externas y no a las características estructurales, biológicas, etc. La calidad de esas chapas no influye apenas en las propiedades estructurales finales.



Calidades de las chapas de cara de spruce (picea abies) de Finlandia.

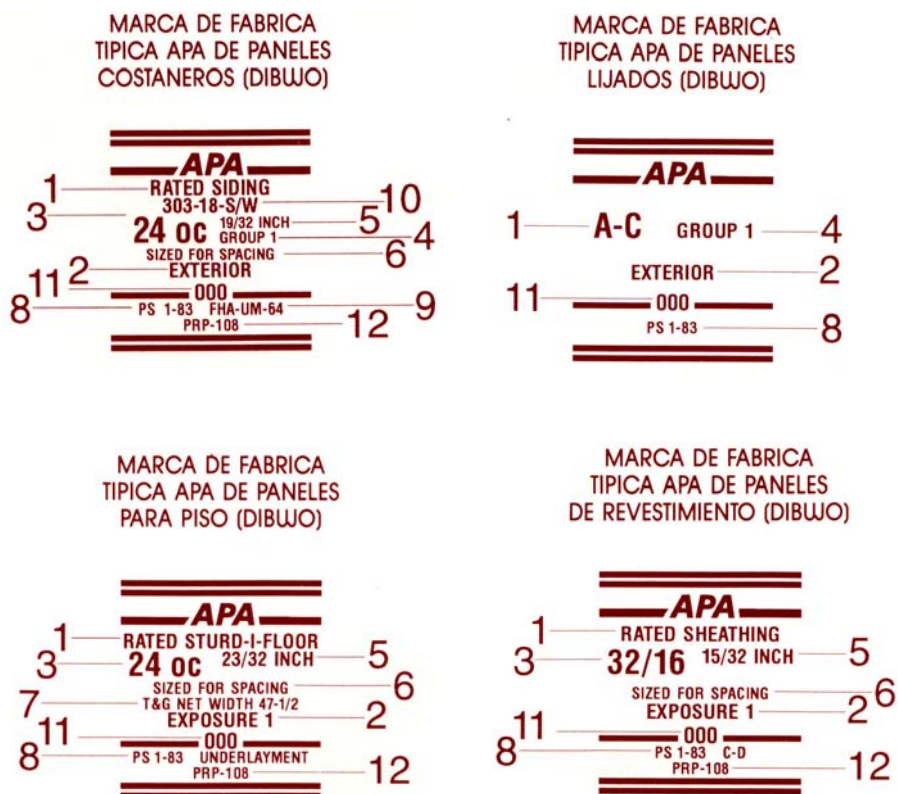
*Sellos de calidad. Marcas de fábrica:* Los fabricantes buscan estos distintivos que acreditan la gran calidad de sus productos. Cada organismo certifica esto por medio de un sello o distintivo que estampa sobre el producto, una vez que este ha superado exhaustivos controles de calidad. Cada organismo establece los suyos.

Los distintivos suelen llevar información sobre todo lo concerniente a ese producto:

- Tipo de tablero y especies que lo forman.
- Estructura del mismo: estándar, orientada.
- Grado de panel o calidad de las chapas de cara y contracara.
- En paneles recubiertos: nombre del producto, peso/m<sup>2</sup>, colores, diseño en la cara y en la contracara.
- Medidas.
- Grosor.
- N° de capas que componen el tablero.
- Clasificación según la durabilidad del adhesivo. Tipo de encolado.
- Fabricante (número de fábrica), país.
- Normativa que cumple o conformidad con las normas correspondientes al país o países o asociaciones en las que se encuentra.
- Otros requisitos: medida de tramo, por ejemplo, que quiere decir la máxima distancia (luz) de centro a centro cuando el tablero apoya sobre soportes, cuando se emplea en la construcción. Si está machihembrado. Reconocimiento gubernamental.

Suelen ir impresos en una de las caras y en alguno también en el canto (COFI, por ejemplo).

Sellos APA:<sup>1218</sup>



**Legenda:**

- 1 Tipo de tablero: a qué uso va destinado y clases de chapa de las caras.
- 2 Tipo de encolado.
- 3 Separación entre apoyos.
- 4 Clase de madera. (Grupo 1 las más resistentes, Grupo 2, etc.)
- 5 Espesor.
- 6 Dimensionado para espaciamiento. (Juntas de dilatación).
- 7 Machihembrado. (T & G).
- 8 Conformidad con las normas. (De EE.UU., PS 1-83).
- 9 Reconocimiento gubernamental.
- 10 Calidad de las caras. Reparaciones permitidas: "S": relleno sintético. "W": relleno de madera.
- 11 Código del fabricante: número de fábrica.
- 12 Conformidad con las normas de comportamiento.

<sup>1218</sup> Información más completa en "Clases de tableros contrachapados norteamericanos", APA The Engineered Wood Association, Tacoma, Washington, 1994, pág. 2.

Sello AITIM.



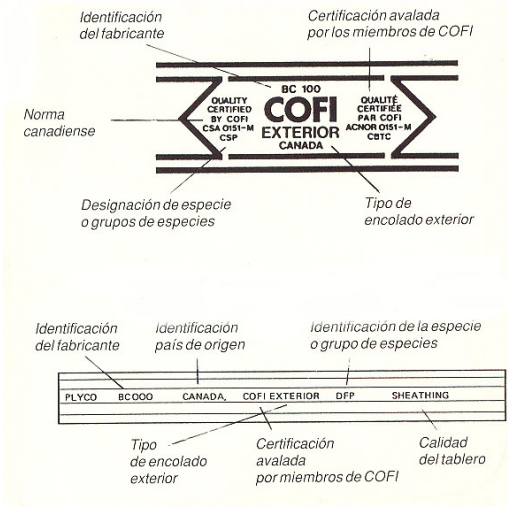
Marca Salena.



Marca Roliply:



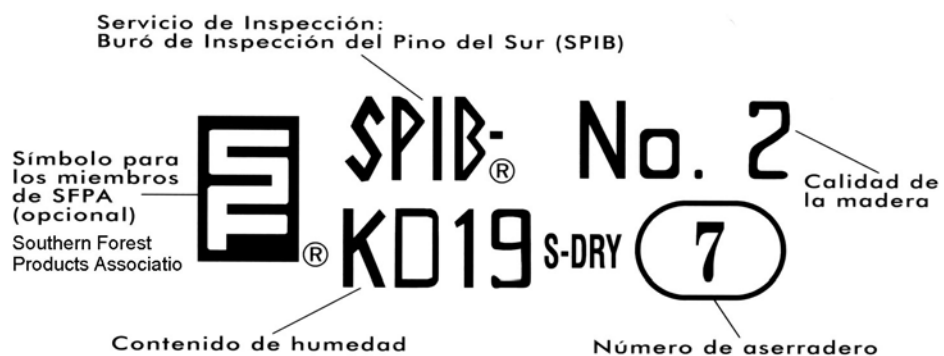
Sello de COFI:<sup>1219</sup>



<sup>1219</sup> “Especial Canadá”, Aitim. Boletín de Información Técnica, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993 pág. 72.

Marca de Pino del Sur APA:

### Marcas de calidad típicas de la madera de Pino del Sur

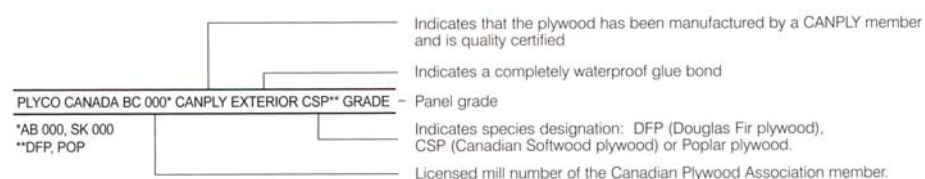


Sellos de CANPLY: Marcas internacionales.

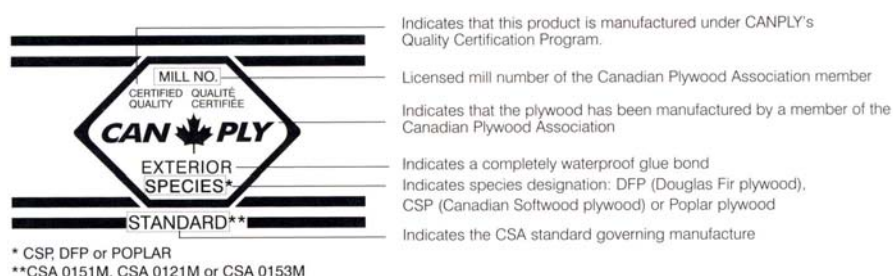
INTERNATIONAL CERTIFICATION MARKS:



## Sellos de CANPLY: Marcas de canto y de cara respectivamente.



Marca de canto sobre contrachapado CANPLY EXTERIOR (clases lijadas y no lijadas).  
Cortesía de CANPLY.



Marca de cara sobre contrachapado CANPLY EXTERIOR (clases no lijadas).  
Cortesía de CANPLY.

### - **Adhesivos: Encolado de chapas y encolado de tableros entre sí.**

El adhesivo comúnmente utilizado era la cola de caseína, dado que se consideraba como adhesivo impermeable o resistente a la humedad.<sup>1220</sup>

En España se emplearon las colas de caseína hasta 1942 aunque en algunos casos siguió usándose hasta los años 80, gracias a la adicción de productos que evitaban su solubilidad, mejorando sus cualidades resistentes. Actualmente disponible en polvo.<sup>1221</sup> Su uso debe restringirse a interiores.

Esta cola se dejó cuando aparecieron las de urea-formaldehído, dado que se ajustaban mejor a las prensas calientes.

<sup>1220</sup> Esto no es del todo cierto, pues la caseína cuando absorbe humedad llega a ablandarse, aunque después de su secado recobra su antigua resistencia.

<sup>1221</sup> Cuando se mezcla con el agua y el carbonato amónico, por ejemplo, se forma una cola de fuerza moderadamente alta en seco y de moderada resistencia al agua, ambientes húmedos y temperaturas intermedias. Al ser una cola de aplicación en frío su prensado también se realiza a temperatura ambiente.

Otros adhesivos usados fueron: resinas, albúmina de sangre, soja etc. En cantidades varias, alrededor de 25 a 35 Kg/m<sup>3</sup> de contrachapado.

En la actualidad los adhesivos por excelencia son los de urea-formaldehído, fenol-formaldehído y melamina-formaldehído; lógicamente todos de índole sintética. aunque los más usados son:

- Para interiores: los de urea-formol.
- Para exteriores: los de fenol-formaldehído, es decir, resinas fenólicas líquidas (PH = phenolic resins) resistentes tanto al exterior como al agua hirviendo.

Es decir, todo dependerá de las características de las características del tablero, del uso a que vaya destinado y de las prestaciones que nos vaya a ofrecer.

*Leyenda de las normas DIN:*

- **Para interior (INT):** Utilizada exclusivamente para usos interiores. Se descartan usos estructurales. El adhesivo utilizado es el de urea-formaldehído. Dadas las características del tablero no debe usarse nunca en el exterior o para usos que impliquen el uso de agua (entelados, aparejos, etc., en el caso de las BB.AA.)
- Encolado IF 20: El encolado resiste eventuales humedades de espacios cerrados.
- Encolado IW 67: Encolado resistente a elevados contenidos acuosos ambientales y a breves acciones de agua caliente a 67° C.
- **Para exterior:** Con este tipo de encolado, los tableros pueden ser expuestos total o parcialmente a la intemperie y a la acción del agua, no siendo necesaria una solicitud de tipo estructural. Normalmente se fabrican con resinas de tipo fenólico pero también las hay de melamina-formol, aunque su duración a la intemperie es bastante menor.
- Encolado A 100: El encolado resiste la acción del agua al aire libre y relativamente a la intemperie.



- Encolado AW 100: El encolado resiste la exposición total a la intemperie y la acción de la lluvia. Es resistente al agua fría y al agua hirviendo. Resisten al vapor, calor seco y microorganismos. Se denominan con las siglas **WBP** (*water and boiled proof*), es decir, resistente al agua fría e hirviendo.<sup>1222</sup>

Estos tipos de encolado dan lugar a dos clasificaciones que se utilizan habitualmente: contrachapado de interior y contrachapado de exterior.

Las normas utilizadas son: la Norma EN 314.1 y EN 314.2 y DIN 68705, BFU 100, BS 6566, etc.

- En ambiente exterior no cubierto (WBP y BR). R.A.H. (Resistente a la humedad).
- En ambiente exterior bajo cubierta (semiexterior, MR).
- En ambiente interior seco (INT).



Contrachapados de 24 mm, de encolado exterior, utilizados para la construcción de juegos infantiles por su alta resistencia a la intemperie.

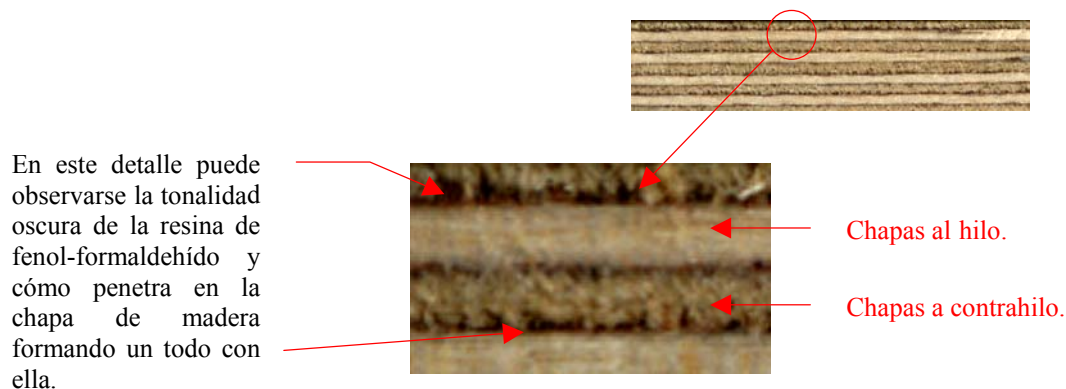
Los contrachapados finlandeses están encolados con adhesivos de fenol-formaldehído WBP. Dicho encolado reúne los requisitos de las normas siguientes:

- SFS-EN 314-1.
- SFS-EN 314-2/ clases 1-3.

<sup>1222</sup> También se les conoce como *tableros marinos* y cuando se destinan a la construcción utilizan abeto Douglas para su elaboración.

- DIN 68705 Teil 3/BFU-100.
- BS 6566:1985, parte 8, tipo WBP.
- SFS-EN 636-3 (uso exterior).

La calidad de estos encolados es controlada por los propios aserraderos y, en el caso de Finlandia por ejemplo, también por el Centro Técnico de Investigación de Finlandia, VTT, y el Instituto Otto-Graf de Alemania.



Perfil de contrachapado WBP, de nueve chapas de igual espesor (calidad III) de abedul ruso, de Forest Trafic, S.L.

Los adhesivos de fenol-formaldehído están compuestos por la mezcla de los siguientes elementos:<sup>1223</sup>

- Resina de fenol-formaldehído.
- Endurecedor.
- Materia de carga.
- Agente diluyente.
- Agua adicional.

Dependiendo de los casos algunos adhesivos son reforzados con otras resinas para mejorar sus propiedades, esto ocurre con las resinas de urea formaldehído que suelen ser reforzadas con melamina para aumentar sus propiedades resistentes. Esto se hace necesario en el caso, por ejemplo, del corte de tableros con láser, caso concreto de los tableros de abedul MetsäLaser y MetsäPlynt de FinnForest.

#### *Cargas usadas con los adhesivos:*

<sup>1223</sup> Composición facilitada por, Jouko Veistinen y Erkki Pennala, op. cit., pág. 30.

En las resinas de urea-formaldehído las cargas van dirigidas a mejorar las características de la mezcla pero, como casi todas las cargas, reducen costos.

Las cargas más usadas son las harinas vegetales como: trigo, maíz, avena, centeno, almorta<sup>1224</sup>, etc.

Como ya se ha comentado, todas estas cargas son de tipo orgánico y por ello susceptibles de pudrición. Al incorporarlas a la cola disminuiríamos la resistencia de esta tanto al agua como a los microorganismos. Si la cantidad de carga fuera excesiva se vería mermada la resistencia del encolado, es decir, la resistencia va disminuyendo conforme se aumenta el grado de extensión.

Según Félix Santamaría García<sup>1225</sup>, estas cargas modifican favorablemente las características de las colas por varios motivos:

- Evitar que la cola se fluidifique demasiado rápido al aplicar la temperatura de encolado, ya que penetraría demasiado en las chapas y el encolado sería deficitario.
- Actúan de plastificante y al eliminar las tensiones por la rigidez de la cola reduce el envejecimiento.
- Mejora la humectación de la resina.
- Retiene los excesos de humedad de la madera y la cola.
- Las proteínas de las harinas mejoran la adhesividad de la cola.
- Interesa que tengan poca absorción de agua, por eso es preferible que no contengan gluten (las harinas de trigo y centeno tienen muy poco).

*Línea-junta de encolado, línea de pegado, plano de pegado, línea de encolado:*

En el caso de las resinas fenólicas, una vez que han curado, tienen un aspecto marrón oscuro, con excelentes propiedades impermeabilidad al

---

<sup>1224</sup> (*Lathyrus sativus* L.)

<sup>1225</sup> Félix Santamaría García, “Propiedades de las cargas en la preparación de colas para la fabricación de los tableros contrachapados”, *Montes*, año XXI, nº 127, Ene-Feb, 1966, Montes, Madrid, pág. 55

agua y tan resistente a la tensión como la madera adyacente, resiste inmersiones prolongadas tanto en agua fría como caliente, asimismo reiterados mojados y secados, alta humedad relativa y temperaturas elevadas y bajas.

La unión así producida resiste el ataque de hongos y microorganismos. Es un plástico termoestable inocuo para personas y animales. Su emisión de formaldehído<sup>1226</sup> (caso, por ejemplo, del contrachapado de abedul sin recubrir) es muy baja (0,4 mg HCHO/hm<sup>2</sup>) dado que los niveles más bajos de emisión para paneles de la clase E1 están en 3,5 mg HCHO/hm<sup>2</sup> (según las normas SFS-EN 717-2).

En el caso de los tableros de interior (INT) el color de sus juntas encoladas es claro porque el encolado se realiza por medio de resinas de urea-formaldehído, principalmente.

#### *Encolado de tableros entre sí:*

Los tableros no revestidos pueden encolarse con diferentes tipos de adhesivos. La elección del adecuado va a depender de varios factores: condiciones de humedad final, fuerza requerida y método de trabajo.

Las superficies deben estar secas, limpias y un poco ásperas. La cola debe aplicarse uniformemente con ayuda de rodillos, espátulas o brochas y ejercer presión uniforme si lo requiere. Los excesos de adhesivo han de ser retirados antes del fraguado de la cola.

Adhesivos más comunes: PVAC, urea, fenólicos, de resorcinol<sup>1227</sup>, epoxi, de contacto y de poliuretano.

Los adhesivos basados en **PVAc** dan buena adhesividad y fuerza de encolado pero sólo para usos interiores y no estructurales. No son recomendables para usos exteriores porque son adhesivos inherentemente elásticos y tienen baja resistencia al calor y a la humedad:

---

<sup>1226</sup> La emisión de formaldehído de los tableros se debe a que los adhesivos utilizados contienen este producto en exceso para facilitar el fraguado del adhesivo.

<sup>1227</sup> Adhesivos adecuados en la fabricación de paneles de grandes dimensiones (King Size).

(...) The glue joint also tends to creep under external loads and with dimensional changes in the wood caused by changes in moisture content.<sup>1228</sup>

Los adhesivos de **urea** están disponibles en polvo seco o líquidos son usados en la industria del mueble y en trabajos de ensamblaje general. También se usa en construcciones en las que las juntas no vayan a estar expuestas a duras condiciones de temperatura y humedad. Es moderadamente duradera en condiciones de humedad y su resistencia es de moderada a baja con temperaturas por encima de los 50° C.

Los de **resorcinol**, fenólicos: **fenol-resorcinol** y **fenol-formaldehído**, dan encolados muy fuertes y de gran resistencia al exterior. Se emplean también en zonas de construcción marina y usos estructurales. Resisten duras condiciones de humedad y son más resistentes a las altas temperaturas que la propia madera.

Como se comenta en el capítulo dedicado a los adhesivos, se están haciendo grandes esfuerzos, por parte de las industrias, con el fin de reducir las emisiones de formaldehído en todo tipo de tableros. En el caso de la urea, esta disminución a favor de la urea, valga la redundancia, acarrea modificaciones que pueden originar cambios en sus propiedades, especialmente en el comportamiento frente a la humedad y resistencia biológica:

(...) para evitar estas disminuciones de sus prestaciones frente a la humedad se añade un endurecedor, en el caso de los tableros contrachapados, y se aumenta la proporción de melamina para los MDF o para el OSB. La disminución de su resistencia biológica se puede evitar añadiendo a la mezcla encolante, y en pequeñas cantidades productos a base de boro.<sup>1229</sup>

Los adhesivos **epoxi** son buenos para adherir materiales de distinta naturaleza como metales, plásticos y materiales de albañilería entre sí y con contrachapados. Uso restringido para uniones de madera y derivados entre sí.

---

<sup>1228</sup> "CANPLY Plywood Handbook", Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 10.

<sup>1229</sup> "Investigación sobre adhesivos", *Aitim*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 70.

Las **colas de impacto** o de contacto se utilizan para encolar grandes superficies y recubrimientos en aplicaciones interiores. Este tipo de adhesivo no debe usarse en aplicaciones estructurales:

(...) One of the main disadvantages of these types of glue is that their dry strengths are generally lower than those of conventional wood working glues and the joint tends to creep under prolonged loading, losing its original configuration. This joint deformation remains even after the load is removed.<sup>1230</sup>

Los usos más comunes de estos adhesivos son la unión de materiales porosos entre sí y con otros materiales no porosos, incluso materiales duros o con la superficie texturada como los metales, laminados plásticos de alta densidad, vinilo y otros tejidos (encolados) a superficies de contrachapado. No son adecuados para el encolado de bastidores y/o refuerzos de madera y/o derivados.

Si los tableros son tratados con preservativos o con retardadores de fuego, esto dificulta el encolado. Si la madera es tratada después del encolado, la elección de adhesivos está severamente limitada.

#### - **Recubrimientos.**

A parte de la propia chapa de madera,<sup>1231</sup> las caras y contracaras de los tableros pueden venir recubierta con distintos materiales (mediante elaboraciones posteriores de esas superficies) en función de los usos a que vayan destinados: decorativo, refuerzo, impermeabilizante, etc.

Desde la propia chapa, lijada o sin lijar, pasando por barnices, lasures, pinturas, imprimaciones,<sup>1232</sup> papel, plásticos, resinas, etc., hasta metales, prácticamente todo tipo de materiales sólidos o fluidos (que formen película) pueden emplearse como recubrimientos.

Los más comunes son:

---

<sup>1230</sup> “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 10.

<sup>1231</sup> En el caso de rechapar los tableros contrachapados, se tendrá siempre la precaución de colocar la chapa siempre con un sentido perpendicular al veteado de las caras.

<sup>1232</sup> Este término va referido a capas de preparación o aparejos, pero utilizamos ese término por ser el utilizado a niveles industriales.

▪ **Fluidos:**

- Imprimaciones (preparaciones o aparejos).
- Pinturas. Principalmente pinturas de látex acrílico, con la aplicación previa de un “primer” adecuado para madera. Suelen ser pinturas fuertemente pigmentadas.
- Estampados.
- Barnices.
- Lasures. (Tintes transparentes y semitransparentes).
- Película de resina fenólica
- Película de resina fenólica con la incorporación de hilo metálico. (FinnForest, por ejemplo).
- Película de resina de melamina.
- Otros recubrimientos que nosotros queramos aplicarle: todo tipo de resinas de poliéster, epoxi, etc.



Abedul ruso para carrocerías.  
WBP. 26 mm, 19 chapas. De  
Forest Traffic, S.L.

Antes de estos acabados fluidos se deben sellar los cantos para reducir los posibles daños ocasionados por la absorción de humedad.

Cuando vayamos a aplicar aparejos o aplicar algún recubrimiento protector a las traseras de nuestros soportes debemos tener en cuenta que muchas especies (pino Oregón, cedro, secoya, por ejemplo) contienen extractivos naturales que producen coloraciones indeseables en forma de manchas que trepan hasta la superficie del recubrimiento, haciéndose más evidentes en los recubrimientos de color claro. Esto puede evitarse con la aplicación de un “primer” compatible con la superficie y con el aparejo o la pintura posterior. Esto mismo ocurre con los tableros OSB, los aglomerados de partículas, etc.

▪ **Sólidos:**

- Chapado decorativo o rechapados con maderas nobles.<sup>1233</sup>
- Revestimiento de placas plásticas termoestables o termoplásticas (PVC); se les suele llamar revestimientos plásticos o, simplemente, plastificados.
- Papel impregnado con resinas sintéticas.
- Reforzado superficial con fibra de vidrio.
- Revestimientos con agregados minerales.
- Revestimientos metálicos (chapas metálicas).
- Gofrados imitando veteados diversos.

*Pesos de los recubrimientos:*

Dependiendo del tipo de recubrimiento, los pesos/m<sup>2</sup> de paneles recubiertos son de 0,1 a 0,9 Kg/m<sup>2</sup> más altos que el de los paneles sin recubrir.

En el caso, por ejemplo, de los contrachapados MetsäForm los pesos de sus recubrimientos Multicapa (marrón oscuro) serían los siguientes: 240, 290, 340, 387 y 440 g/m<sup>2</sup>.

El recubrimiento de la contracara suele ser el mismo que el de la cara, pero puede ser diferente. Normalmente suele ser delgado.

<b>Colores y pesos de los recubrimientos de los contrachapados recubiertos FinnForest</b>				
<b>MetsäForm</b>			<b>MetsäWhite</b>	<b>MetsäSP</b>
120 g/m <sup>2</sup>	170 g/m <sup>2</sup>	220 g/m <sup>2</sup>	250 g/m <sup>2</sup>	340 g/m <sup>2</sup>
Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro		
Marrón claro	Marrón claro			
Verde				
	Amarillo			
Negro			Blanco	Marrón natural

<sup>1233</sup> Las chapas de las caras pueden ser de corte tangencial o radial y normalmente casan entre sí, sobre todo en el rechapado de muebles o cuando se utilizan, los tableros, como forro de paramentos. La contracara suele llevar chapa de inferior calidad porque va a quedar oculta, normalmente.



Espesor de los recubrimientos <sup>1234</sup>		
Material de recubrimiento	Peso del recubrimiento (g/m <sup>2</sup> )	Espesor del recubrimiento (mm)
Película fenólica	120	0,09 – 0,11
“ “	170	0,11 – 0,13
“ “	220	0,13 – 0,18
Película de melamina	250	0,17 – 0,20
Papel base pintado	340	0,30 – 0,36

Contrachapados con dibujos de malla de alambre							
		MetsäDeck				MetsäFloor	
		120 g/m <sup>2</sup>		220 g/m <sup>2</sup>		500 g/m <sup>2</sup>	700 g/m <sup>2</sup>
Malla de alambre	Material	Metal	Plástico	Metal	Plástico	Plástico	Plástico
	Densidad	Denso	Denso	Denso	Denso	Denso	Abierto
	Ø Hilo (mm)	0,75	0,8	0,75	0,8	0,8	1,2
	Agujero (mm)	1,9 x 1,9	1,4 x 1,5	1,9 x 1,9	1,4 x 1,5	1,4 x 1,5	2,8 x 3,1
Colores	Marrón oscuro	Malla alambre / liso	Malla alambre / liso	Malla alambre / liso	Malla alambre / liso	Malla alambre / liso	Malla alambre / liso
		Malla alambre / Malla alambre	Malla alambre / Malla alambre	Malla alambre / Malla alambre			
	Marrón claro	Malla alambre / liso					
	Verde	Malla alambre / liso					
	Amarillo	Malla alambre / liso					
	Negro	Malla alambre / liso					

<sup>1234</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, *FinnForest plywood handbook*, FinnForest Plywood Division, Lahti, Finland, 1999, pág. 82.

#### 7.3.1.1.5 LÍNEA DE FABRICACIÓN.<sup>1235</sup>

La original concepción de este tablero y su éxito posterior radicó en el perfecto conocimiento del material y su proceso de fabricación:

Sabemos que las variaciones de humedad no afectan prácticamente a la dimensión de las piezas de madera paralela a las fibras, y sabemos también que la resistencia a tracción y a compresión de la madera es máxima cuando se ejerce el esfuerzo paralelamente a las fibras. Entonces, con esta disposición alternada del tablero contrachapado habremos conseguido que las fibras longitudinales impidan el movimiento de las transversales y que la resistencia de las primeras colabore a la resistencia de las últimas. Con esto habremos conseguido una pieza de madera isótropa en el plano e indeformable por cambios de humedad.<sup>1236</sup>

Para Spannagel, los tableros contrachapados no merecen ninguna garantía frente a los de alma enlistonada, o de carpintero. Argumenta las siguientes razones técnicas:

Frente a los tableros alistonados, los contraplacados no merecen ninguna clase de garantías en cuanto a su posible deformación. Esto no es de extrañar si se tiene en cuenta cómo están contruidos.

Partimos de madera desenrollada y por eso es comprensible, pues, que pueda ocurrir que si no existe un perfecto paralelismo en la disposición de las fibras de cada vuelta con las de la siguiente o siguientes, se suman las tensiones de hinchazón y contracción, por lo que el tablero no pueda ser nunca estable.

Si una parte exterior muestra la cara interna de la chapa, tal como debe ser, la otra parte exterior tiene también que revelar la misma estratificación de la chapa. En caso contrario, la chapa que tiene la cara interna mirando hacia afuera, tiraría más que la otra y el tablero jamás permanecería derecho.<sup>1237</sup>

Esto resulta evidente, pero no siempre podremos utilizar tableros de alma enlistonada aunque sean, quizá, de los tableros derivados de la madera más estables que había, porque el peso, precio y las dificultades para conseguirlos sean grandes. A parte de que cuando Spannagel afirmaba esto no existían los tableros contrachapados tan equilibrados que existen actualmente.

---

<sup>1235</sup> Hay que aclarar que durante todo el proceso de fabricación se realizan controles de calidad referidos a espesores de las chapas, encolado, dimensiones, etc.

<sup>1236</sup> Arredondo y verdú, op. cit., pág. 989.

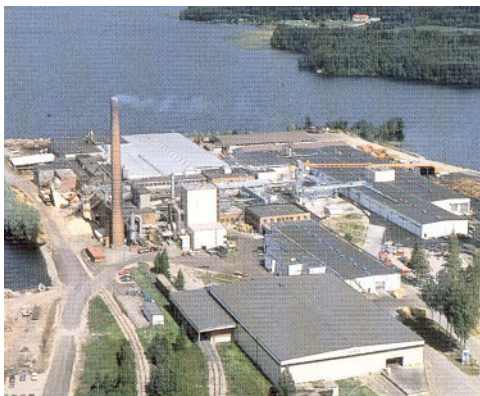
<sup>1237</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 168.

Varios pasos se van sucediendo hasta llegar al producto final. Comenzando por el talado, descortezado, etc.,<sup>1238</sup> hasta llegar al prensado, almacenaje y reparto: «Teóricamente la troza podría ser tablero en 1 ½ horas si se fabricara un solo tipo de tablero y no hubiera fallos en ninguna sección. (...) Normalmente en una fábrica encontramos varias superficies, varios gruesos y diversas especies, encontrándonos con más de 50 chapas diversas.»<sup>1239</sup>

De ellos va a depender, como ya dijimos, el éxito de su construcción.

- **Patio de apilado de madera en rollo.**

Suelen ser de dos tipos: patios de apilado en seco y en húmedo.



Fábrica de tableros Suolahti plywood mill.  
Cortesía de FinnForest.



Fábrica de tableros Punkaharju plywood mill.  
Cortesía de FinnForest.

Los 1<sup>os</sup> están constituidos por una superficie cubierta en la que se apila la madera en rollo y se clasifica con el fin de tener materia prima para 3-12 meses.

Los segundos apenas se usan en España, son más propios de EE.UU. Consisten en una balsa de agua de grandes dimensiones. Con este

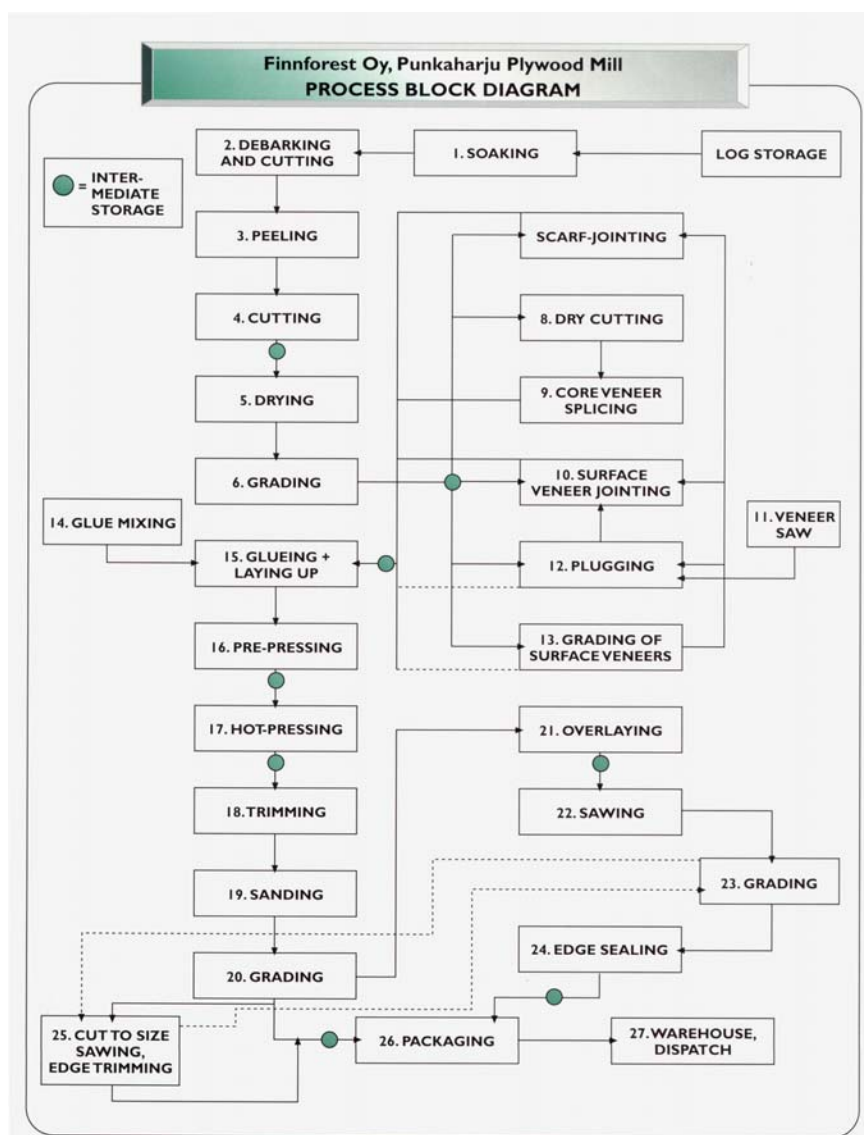


Recepción de los troncos.  
Cortesía de FinnForest.

<sup>1238</sup> Dichos procesos se explicaran en su capítulo correspondiente.

<sup>1239</sup> Antonio Camacho Altaya,, op. cit., pág. 78.

sistema la madera se conserva mejor y puede moverse más fácilmente.<sup>1240</sup>



- **Selección de troncos. Preparación de la madera en rollo y obtención de las trozas.**

Se acondicionan las trozas para su posterior desenrollo eliminando la corteza y la coz<sup>1241</sup> y posteriormente se dividen las trozas en tamaños adecuados al torno en el que van a ser desenrollados. El tamaño lo elige el fabricante en función de los pedidos de sus clientes. Este tipo de

<sup>1240</sup> Vid. César Peraza Oramas, “La industria de tableros de madera”, Vª Ponencia del “I Consejo Económico y social”, organizado por el Sindicato Nacional de la Madera y Corcho, en *Montes*, año XXII, nº 128, Marzo-Abril, 1966, Montes, Madrid, pág. 188. También vid., Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 72.

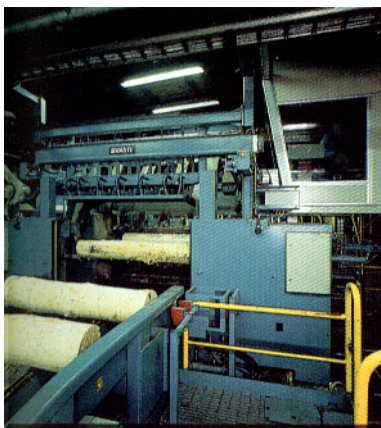
<sup>1241</sup> Salvo la de especies valiosas como el nogal, de la que se obtienen dibujos muy interesantes.

actuaciones permite que el producto final posea una mayor calidad y que la utilización de la materia prima sea óptima.

Los troncos se transportan y almacenan para minimizar el daño y asegurar la calidad. En unas dos o tres semanas, desde la tala, los troncos entrarán en el proceso de manufactura.<sup>1242</sup>

- **Obtención de la chapa: Remojado o vaporizado, descortezado, corte y desenrolle.**

Los procesos de vaporizado o de cocción suelen ser aconsejable para



Descortezado de las trozas.  
Cortesía de FinnForest.



Control.  
Cortesía de FinnForest.

casi todas las especies desenrollables, se trabajan mejor con estos tratamientos y así se asegura la más alta calidad de la chapa. Podemos ignorar este proceso en la madera de chopo verde. Para las demás



Tronzado de los troncos: obtención de las trozas.  
Cortesía de FinnForest.

especies, usaremos uno u otro sistema según la dureza de la madera: para maderas blandas y semiduras se utiliza el vaporizado y la cocción para las maderas duras, aunque puede variar, con el abedul, por ejemplo suele utilizarse la cocción.

El tratamiento suele durar entre 1 y 6 días<sup>1243</sup> y puede dar lugar a coloraciones en la madera no deseables. No ocurre lo mismo con el haya: se comercializa una madera de “haya vaporizada.”

---

<sup>1242</sup> Tiempo empleado en los aserraderos de FinnForest, en Finlandia.



Con este proceso comienza el proceso propiamente dicho.

Posteriormente se pela toda la troza, es decir, se descorteza.

El proceso de fabricación continúa con la obtención de la materia prima base que es la chapa de madera, en el torno.<sup>1244</sup>



Desenrollado de la troza: obtención de la chapa.  
Cortesía de FinnForest.

Pero no siempre ocurre que la chapa obtenida es de la calidad exigida. Esto sucede porque tiene defectos o porque es desigual su anchura, a este último caso se le denomina **chapa de cilindrado**<sup>1245</sup>, porque es la obtenida al comienzo del desenrollado cuando se trata de hacer de la troza un cilindro que proporcione chapa de



(Línea de puntos: lugares donde hay que cortar).

igual anchura.

Este primer punto queda suficientemente desarrollado y explicado en el capítulo correspondiente a *La madera en chapa*, y no insistiremos en él más que de manera esporádica.

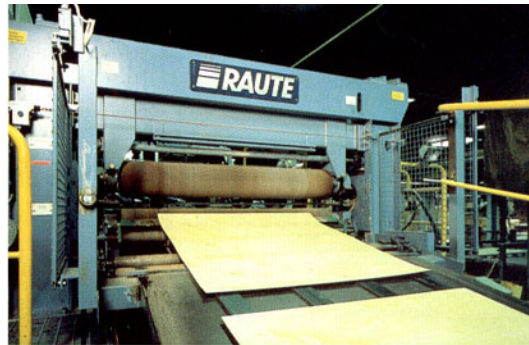
---

<sup>1243</sup> Para información detallada sobre especies, temperaturas y horas de cocción o vaporización vid., Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 74.

<sup>1244</sup> Existen tres tipos de cadenas de desenrollado, según el diámetro de las trozas con las que se trabaje: la primera para diámetros pequeños (150-400 mm), la segunda para diámetros medios (400-800) y la tercera para diámetros grandes (>800 mm).

<sup>1245</sup> Vid. Camacho Altaya, op. cit., Pág. 77.

Por regla general la chapa, destinada a contrachapados, se obtiene por desenrollo y por medio de potentes tornos (que portan grandes cuchillas que situadas horizontalmente inciden casi tangencialmente en el tronco) y que reducen el rollizo o la troza en una manta u hoja continua, de distintos espesores, en pocos minutos. Dicha hoja sin fin, posee un ancho que es el equivalente a la longitud de la troza o rollizo del que se obtuvo. Son habituales trozas de longitudes de 1320 y 1620 mm (equivalente al ancho de la chapa desenrollada). Aunque en aserraderos como en el de FinnForest en Suolahti (Finlandia) se utilizan trozas de *Picea Abies* (spruce) con longitudes también de 1980 y 2540 mm. Con este sistema se pueden obtener chapas de longitud casi ilimitada. El ancho que podría obtenerse puede aumentarse (lo mismo que la longitud) a las dimensiones deseadas con solo realizar los empalmes necesarios con las chapas: longitudinales, para generar mayor anchura o en las testas, para lograr mayor longitud o simplemente empalmar hojas de menor tamaño.



Corte de la chapa.  
Cortesía de FinnForest.

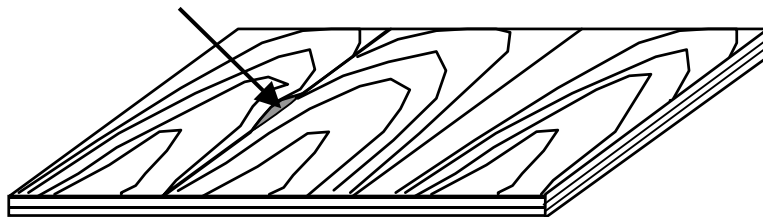
La obtención de chapa a la plana queda relegado para el rechapado de las caras con maderas nobles o de índole decorativa, porque el dibujo obtenido es lo más parecido a la madera maciza, es decir, un aspecto más natural. Pero las chapas obtenidas por este procedimiento, como ya dijimos en su momento, no son de dimensiones importantes y hay que casarlas entre sí para formar superficies mayores. Las diferencias con las obtenidas por desenrollo serán el aspecto estético y diferencias de tipo estructural<sup>1246</sup> (bastante más importantes). Lo que sí es cierto es que tableros cuyas caras están construidas por la unión de varias chapas generan, a veces, problemas por la formación de abolsamientos o ampollas (bump) al aplicar entelados, aparejos, etc., con contenido acuoso, debido a la falta de adhesividad de las chapas entre sí y a la chapa transversal existente bajo

---

<sup>1246</sup> Estas diferencias de tipo estructural se trataron en el capítulo referido a la madera en chapa.

ellas. Estos *abolsamientos* o *ampollados* se manifiestan posteriormente a través de la tela, el aparejo, capa pictórica, etc.

Esto ocurre en tableros concebidos



con fines decorativos. Sería aconsejable utilizar tableros con caras y contracaras de una sola pieza, mientras el tamaño lo permita, como medida de seguridad.

También puede haber defectos como: chapas no demasiado secas, separaciones de las chapas o “junta abierta” (open joint), falta de cola o despegues, reventados o bufados (blister), chapas o juntas solapadas (overlap joint), huecos (hollow), etc.

Desde el comienzo de la industria del contrachapado se han venido utilizando troncos de los mayores diámetros, para de esta manera poder rentabilizar lo más posible su desenrollo. Cada vez esto se hace más difícil pues escasea la materia prima de grandes diámetros al existir grandes restricciones a la tala de especies tropicales. Esto ha hecho que se busquen soluciones: la industria finlandesa, puntera en la investigación,<sup>1247</sup> ha optado desde siempre por la utilización de madera de diámetro pequeño (entre 22 y 25 cm) y desde hace unos años busca el aprovechamiento especialmente de coníferas de pequeño diámetro. El éxito de ello se debe a su tecnología tan avanzada.<sup>1248</sup> En Canadá ocurre lo mismo, aserraderos agrupados en torno a CANPLY utilizan habitualmente troncos de segunda generación con diámetros de 25 cm (10”).

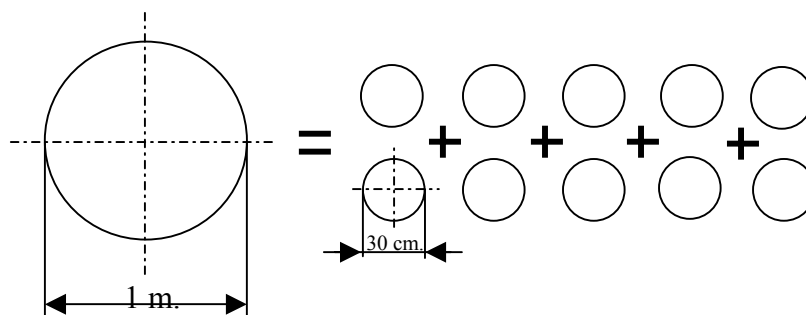
---

<sup>1247</sup> Véase en “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 136 la información referida al centrado de troncos, de pequeño diámetro, por medio de ordenador y escáner láser para optimizar el desenrolle. Es importante señalar que “RAUTE WOOD PROCESSING MACHINERY” es una de las empresas finlandesas más importantes en maquinaria específica para la fabricación de contrachapado y, además, comercializa las más novedosas tecnologías.

<sup>1248</sup> “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994, pág. 135.



Según Aitim<sup>1249</sup> parece ser que la chapa que antes se obtenía de una troza de 1 m. de diámetro ahora se consigue con diez trozas de 30 cm de diámetro.



#### - **Apilado y Recorte o dimensionado de las chapas.**

Una vez que hemos obtenido las chapas, son extendidas para su posterior corte a tamaños predeterminados (mayores de las dimensiones finales). Se apilan todavía húmedas, pues acaban de ser cortadas, en espera de ser llevadas a los secaderos o son secadas en continuo.



Apilado de chapas.  
Cortesía de Schauman  
Wood Oy.

Las chapas se cortarán a la dimensión adecuada dependiendo de su ubicación dentro del tablero: chapa par o impar.

#### - **Secado.**<sup>1250</sup>

De los secaderos saldrán con la humedad apropiada al tipo de adhesivo que se vaya a utilizar. Oscila entre un 4 y un 10%.

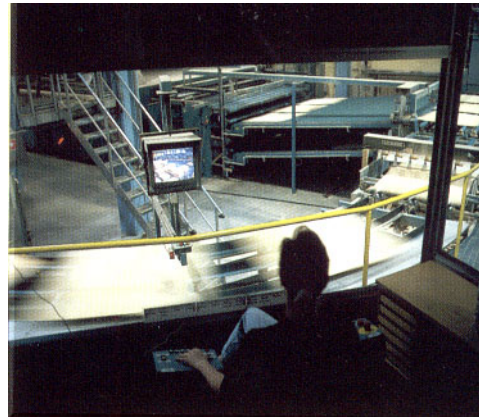
Al terminar este proceso se clasifican en chapas para las caras y para interior y se comprueba si están o no enteras, por si hubiera que cantearlas para poder coserlas. Se comprueba la calidad de las mismas y clasifican según categorías.

#### - **Manipulación de la hoja: cosido, emparejado (unión y juntado) o acondicionado de la chapa.**

<sup>1249</sup> Ídem, pág. 135.

<sup>1250</sup> Para más información vid. el punto correspondiente al secado de la madera.

En la obtención de la chapa y después, durante su secado, se producen toda clase de desperfectos que hace que la chapa no forme una superficie uniforme<sup>1251</sup> que pueda ser encolada posteriormente. Tales desperfectos se deben a grietas, irregularidades y curvaturas en los troncos.



Control de las chapas..  
Cortesía de FinnForest.

Tras ser cortadas las chapas son saneadas por medio de máquinas punzonadoras y eliminadas las zonas en mal estado, a las que más tarde se les aplica manualmente una masilla.



Nudo muerto en chapa de cara.



Falta en chapa de cara por nudo saltadizo. Puede apreciarse la siguiente chapa a contraveta.

De ahí pasan al departamento de manipulación donde las hojas son unidas o ensambladas para obtener hojas con superficies de diferentes calidades. Unas máquinas cosedoras (ajustadores sin cinta) que cortan en forma de bisel los extremos a unir, aplican cola en las superficies biseladas y juntan ambas piezas que quedan unidas como si de una sola chapa se tratara, es decir, se origina una banda continua. A estas uniones se les llama *líneas de juntado longitudinal*. También se utilizaban, para emparejar las chapas, máquinas de encintar, que unen las chapas por medio de finas tiras de papel engomado que, después de hacer la composición de chapas, será encolada en sus soportes correspondientes. Finalizado el encolado la cinta

---

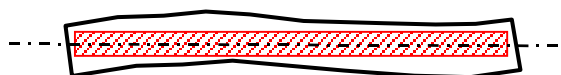
<sup>1251</sup> Con el término uniforme nos referimos a una superficie ausente de grietas y demás desperfectos y no a su constitución física o química.

desaparece al lijarlo. Este tipo de unión suele hacerse a menudo a mano con las chapas de cuchilla.

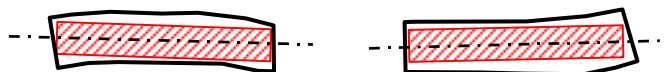
Este tipo de cosido se emplea también con otra finalidad, y es la de empalmar chapas para aumentar las dimensiones de los tableros. Dichos empalmes pueden hacerse, según Román,<sup>1252</sup> *paralelos* cuando las fibras permanecen paralelas entre sí y *a tope* cuando se unen las chapas por sus testas.

Para chapas de más calidad la unión por canto la realizan unas máquinas, de forma automática, que utilizan un hilo termoplástico que se aplica formando zig-zag.<sup>1253</sup>

Los desperfectos debidos a la curvatura de los troncos pueden aminorarse cortándolos para reducir su longitud:



El tronco anterior daría muchos problemas, y se desperdiciaría mucha madera, pero si lo partimos en dos trozas será más fácil extraer la chapa y tendremos un mayor aprovechamiento:



El cosido, a veces, acarrea problemas al despegarse las chapas, dado que, si el tablero ha sido entelado, produce abolsamientos, y si ha recibido ya el aparejo, produce grietas y futuros desprendimientos.

Si se han encolado chapas defectuosas, en las que falta madera, se producen hundimientos que se hacen evidentes en los forrados o entelados y en los aparejos, capa pictórica, etc. Por eso es de vital importancia que las chapas sean piezas enteras o en su defecto, que estén perfectamente encoladas.

---

<sup>1252</sup> Román y Arroyo, op. cit., pág. 236.

<sup>1253</sup> Para más información vid. Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, págs. 111-112.

- **Encolado y montaje o armado del tablero.**

Es este el punto en el que las chapas se vinculan entre sí para formar el tablero. Esto se realiza en tres etapas: encolado, armado del tablero, y prensado en caliente.

Las colas se aplican sobre las chapas cortadas dependiendo del tamaño de la prensa a que posteriormente las sometamos. Normalmente se aplican a ambas caras de la chapa interior (contramalla o contrapeado)<sup>1254</sup> mediante máquinas



Formado y encolado del tablero.  
Cortesía de FinnForest.

de rodillos que giran dentro de un baño de adhesivo. Aunque menos utilizadas también hay máquinas encoladoras de cortina.

Esta chapa se coloca encima de la chapa de superficie con la veta normalmente perpendicular a aquella. De esta manera van alternándose las chapas encoladas y las secas bajo las chapas de cara. Las chapas de cara no suelen ir encoladas.

En la etapa de armado del tablero Las chapas se apilan en bandas cruzadas, unas encima de las otras, hasta alcanzar el número especificado de chapas. Puede hacerse a mano o a máquina.

Los mayores movimientos de dilatación y contracción que experimentará una tabla, en este caso una chapa, serán en sentido transversal, de ahí la disposición que se hace tomar a las chapas para su encolado:

También en las maderas contrachapadas se producen, paralelamente a los cambios de humedad, variaciones de dimensiones, hinchazón y merma, pero están muy reducidas y aún casi suprimidas en las direcciones longitudinal y transversal por el contrapeado; por el contrario, un tablero contrachapado *trabaja* en su espesor exactamente igual que

---

<sup>1254</sup> Esta contramalla reduce la tendencia natural de los tableros a encogerse, alabearse, cuartearse, etc.

otro de madera laminada ordinaria. En este fenómeno se funda, por ejemplo, el alabeo de los tableros enlistonados.<sup>1255</sup>

En la mayoría de los contrachapados se encolan entre sí un mínimo de tres chapas, para que de esta manera tengamos una construcción equilibrada. Lógicamente el número de chapas y líneas de cola variará en función del grosor necesario para el tablero y del grosor de chapa de que dispongamos para ello. Sea como fuere, siempre se deberá observar una construcción simétrica respecto a la primera placa o alma.

La dosificación habitual es de 100-300 g/m<sup>2</sup>, ya que cantidades menores formarían películas de cola irregulares y cantidades mayores acarrearían problemas con los rodillos y bandejas de alimentación de la cola.<sup>1256</sup>

#### - Pre-prensado y prensado del tablero.



Preprensado.  
Cortesía de FinnForest.

Después de terminar la etapa de armado, las chapas ensambladas son pre-prensadas por grupos. Dicho pre-prensado (en frío) mejora la calidad de la unión y hace más fácil la alimentación de paneles en la prensa caliente.<sup>1257</sup> Suelen ser prensas de un solo plato.<sup>1258</sup>

Las chapas, ya superpuestas y encoladas, en virtud del tipo de tablero que deseemos son llevadas a la prensa. Formarán entre sí ángulos determinados (90°, 45°, etc.) establecidos con anterioridad y que responderán a determinadas sollicitaciones según las direcciones de trabajo (longitudinal, etc.)

A los tableros cuyas chapas forman entre sí 90° se les denomina de HOJAS ALTERNAS, o DE CRUCE NORMAL, mientras que a los que

<sup>1255</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 471.

<sup>1256</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, págs. 112.

<sup>1257</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág.27.

<sup>1258</sup> Suelen pre-prensarse tantos tableros a la vez como platos posea la prensa caliente para evitar tiempos de espera.



incorporan chapas que forman ángulos diversos, como los de 45°, se denominan contrachapados en ESTRELLA, como ya vimos con anterioridad.

En esta etapa las chapas terminan de unirse por el fraguado de la cola producida por la alta temperatura y la presión.

La presión a que serán sometidas dependerá de si el prensado es en frío o en caliente y del tipo de adhesivo. Para el primero, suelen estar entre los 6 y los 12 kg/cm<sup>2</sup> y para el segundo entre los 10 y los 20 kg/cm<sup>2</sup>, con temperaturas superiores a los 60° C. Lo más normal son las prensas de platos calientes, que suelen tener unas dimensiones un poco mayores que las de los tableros que han de fabricarse.

Los prensados más modernos (año 2000) prevén presiones de 0,8 a 2,5 N/mm<sup>2</sup>, a temperaturas de 120-140° C. El prensado por calor se hace con una prensa hidráulica de apretura múltiple, bajo estrictos controles de presión, temperatura y tiempos de presión. Existen en la actualidad prensas en Finlandia de alto rendimiento de 40 platos (40-opening).<sup>1259</sup>



Prensado múltiple en caliente.  
Cortesía de FinnForest.

Con la aplicación de las colas, las chapas vuelven a absorber humedad, por eso después del prensado se vuelven a enviar al secadero por segunda vez. Cuanto más seca esté la chapa más agua absorberá, si el adhesivo contiene agua. Con estas temperaturas y la humedad de las chapas suelen producirse bufidos por los vapores que se originan durante el prensado.

---

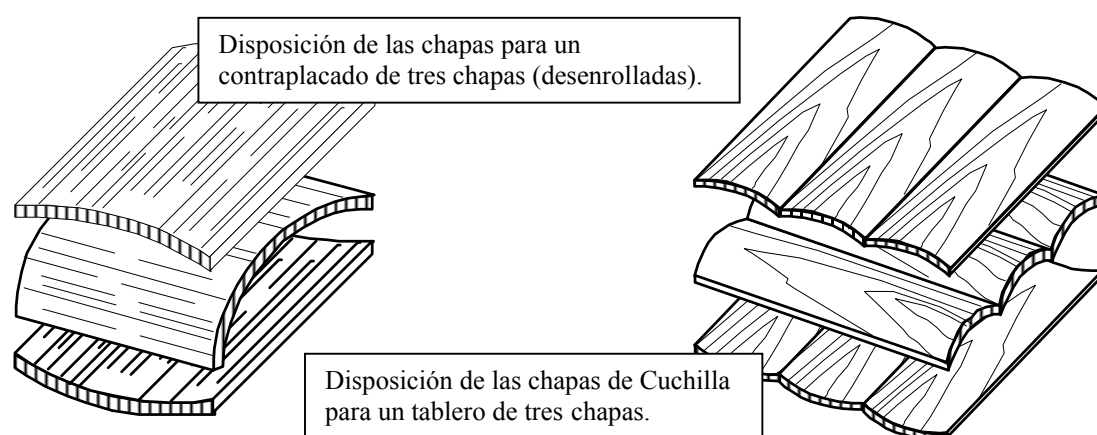
<sup>1259</sup> A estas prensas múltiples o de platos calientes también suele denominárseles prensas multipiso o multivano.

En la década los 90 Forintek utiliza la llamada por ellos “tecnología de la incisión” para solventar este problema. Consiste en realizar gran cantidad de incisiones en las chapas para hacerlas más permeables a los gases y a los líquidos:

El contrachapado que usa la chapa con incisiones no “bufa” o produce ampollas en la fase de prensado y presenta menos problemas al tratamiento con productos químicos. La chapa con incisiones se seca más rápidamente y con menos fendas y abultamientos.<sup>1260</sup>

Incisiones o, también perforaciones se han realizado sobre la madera aserrada para que penetren mejor los productos protectores.

La disposición de las chapas encoladas y listas para el prensado es la referida por Spannagel<sup>1261</sup> y que ofrecemos en las siguientes imágenes:



En ellas se aprecia la disposición de las chapas, comentada en el punto fabricación de un tablero de tres chapas, tanto desenrolladas como de cuchilla. Lógicamente nos quedábamos con la versión desenrollada, por lo ya expuesto referido a las líneas de cola que se producen en la superficie y a los posibles defectos de encolado que pudieran derivarse de ello.

- **Escuadrado del tablero, recorte de cantos.**

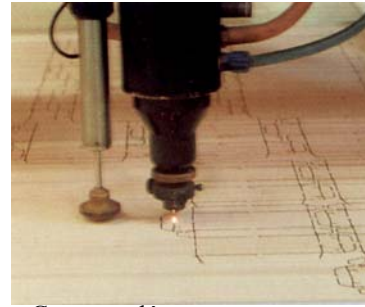
<sup>1260</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., 1993, pág. 96.

<sup>1261</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 168.

Después del prensado caliente los paneles son canteados. Se recortan las chapas al tamaño exacto, según pedidos.

Existen modernos dispositivos de corte diferentes de las clásicas sierras:

- El láser. Da un corte extremadamente preciso a la madera. Lleva utilizándose, en lo que a la madera se refiere desde los años 90. Para su correcto corte el panel debe estar encolado con resinas de urea-melamina. Paneles idóneos para este tipo de corte: MetsäPlynt y MetsäLaser de FinnForest. En la Feria Xylexpo 2000 se presentaron dos empresas dedicadas a esto: *Sei y Cutlite Penta*.



Corte por láser.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.



Mecanizado de tableros.  
Cortesía de FinnForest.



Mecanizado de tableros.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

- Sistemas de corte con agua presurizada a 3500 bar, recordemos que un compresor ordinario para aerógrafo artístico utiliza una presión de aire de 8 bar. Aproximadamente, esto puede darnos una idea de la presión requerida.<sup>1262</sup>

Los cortes tradicionales con sierra de cinta se realizan de la siguiente manera: el primer corte se da perpendicular a la fibra de cara y posteriormente en la dirección del grano, de esta manera se evita el astillado de las esquinas.

---

<sup>1262</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág.178.



Si la sierra es circular: la cara siempre estará hacia arriba y se utilizará alta velocidad de sierra y un ritmo de alimentación lento para que el corte sea perfecto.

Holzma Ag. De Holzbronn (Alemania) del grupo Homag es la empresa líder mundial de despiezadoras de tableros. Entre sus productos: “Seccionadora Optimat HPL 11.”



Tablero común de embalaje, norteamericano, de 22 mm

#### - **Tratamiento final. Acondicionado del tablero. Lijado.**

Luego se limpian, liján y pulen los tableros para eliminar rugosidades y desigualdades de grosor. Este lijado se realiza por ambas caras para conseguir las tolerancias establecidas en los distintos grosores. Se utilizan lijas toscas del n° 40-80-100 de manera perpendicular al grano. Si se va a barnizar el tablero se lijará a favor del grano de cara.



Lijado.  
Cortesía de FinnForest.

#### - **Clasificación. Almacenaje.**

Después del tratamiento anterior los paneles son clasificados acorde a su calidad. Los tableros ya listos deben almacenarse apilados sobre una base plana evitando que flexen y, como en el embalado para su posterior entrega, deben estar protegidos por otros tableros, etc. para evitar absorciones innecesarias de humedad.



Almacén de tableros.  
Cortesía de FinnForest Ibérica, S.L.

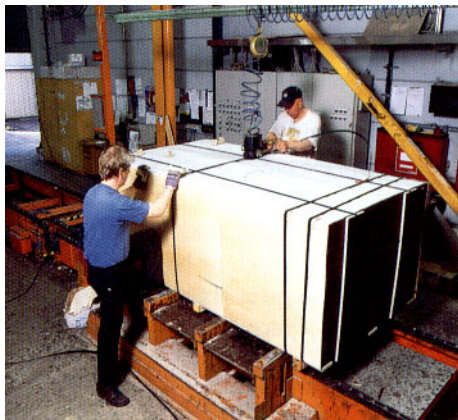


Debe tenerse en cuenta que las condiciones climáticas del almacén han de ser similares a las del lugar a que vayan destinados.

Suelen terminar con una humedad del 12%.

#### - Embalado y transporte.

Una vez terminado el proceso, los tableros deben ser flejados y



Empaquetado de tableros.  
Cortesía de FinnForest.



Agrupación de tableros para  
empaquetado.  
Cortesía de FinnForest Ibérica, S. L.

protegidos de la humedad, luz y golpes con otros paneles deteriorados, con cartones o plástico.<sup>1263</sup>

Pueden ser enviados a otros procesos adicionales o, ya perfectamente empaquetados, ser enviados a los clientes correspondientes.

<sup>1263</sup> Se suele utilizar plástico retráctil que «permite el embalaje en óptimas condiciones de tableros hasta un cierto formato» (“Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 133).

Siempre han de ir en posición horizontal, protegidos de los golpes y de la humedad.

#### - Procesos adicionales.

En empresas como la finlandesa FinnForest, por ejemplo, llevan muchos años invirtiendo grandes capitales en la investigación de procesos finales específicos para transporte, mobiliario y construcción (encofrados), principalmente.

Se manufacturan films superficiales fenólicos y de melamina para tableros contrachapados de muy diferentes tipos.



Abedul ruso para encofrados. WBP. 16 mm. 13 chapas. De Forest Traffic, S.L.

También se aplican películas de imprimación preparatoria para tableros que van a ser pintados posteriormente. Una de estas películas es el TXP:

(...) consiste en un papel impregnado de resina aminoplástica y una capa de cola de melamina. (...) Se diferencia de otras películas por tener una superficie totalmente curada, lo que impide que la resina fluya durante el proceso de prensado. Por esta razón la superficie permanece porosa y puede absorber la pintura. (...) La película impide además que la laca aplicada penetre en la chapa superior del tablero contrachapado, evitando así el riesgo de hinchado de las fibras de la chapa.<sup>1264</sup>

Se ensamblan tableros para producir paneles extralargos.

Se mecanizan tableros en las superficies (contrachapados pre-taladrados<sup>1265</sup> y mecanizados, por ejemplo) y en los cantos. Dentro de estas mecanizaciones se encuentran los acoplamientos biselados, machihembrado (ship-lap joint), por lambeta (loose-tongue). En estos acoplamientos, como ya comentamos, es aconsejable dejar juntas de dilatación de unos 2 mm/m.

#### 7.3.1.1.6 Clasificación según normas UNE.<sup>1266</sup>

<sup>1264</sup> “Películas de imprimación Casco”, *Aitim*, nº 210, marzo-abril, 2001, Aitim, Madrid, pág. 13.

<sup>1265</sup> Se debe taladrar siempre por la cara buena y poniendo detrás un mártir.

<sup>1266</sup> Norma UNE-EN 313-1:1996.

Se pueden establecer muchas clasificaciones, atendiendo a las normas UNE o a otros criterios clasificatorios.

La norma UNE-EN 313-1:1996 establece la siguiente:

- **Según sus características generales.**
    - Según sus características de fabricación.
      - Tableros de chapas.
      - Tableros de alma enlistonada.
        - Con alma de listones.
        - Con alma de tablillas.
      - Tableros contrachapados compuestos.
    - Según su forma y perfil.
      - Planos.
      - Moldurados.
  - **Según sus características de aplicación.**
    - Según su durabilidad.
      - Para utilización en ambiente seco.
      - Para utilización en ambiente húmedo.
      - Para utilización en exterior.
    - Según sus propiedades mecánicas.
    - Según el estado de la superficie, o según el aspecto de sus caras.
- Aquí se contemplan cinco clases: E, I, II, III, IV.<sup>1267</sup>
- Según su aptitud para el acabado.

---

<sup>1267</sup> Puede consultársela norma UNE-EN 635-1:1995, en la que se dan todo tipo de explicaciones sobre el aspecto exterior que pueden presentar. Hay un listado importante en cuanto a defectos posibles que nos podemos encontrar en las chapas de cara.

- Sin lijar.
- Lijado
- Semiacabado.
- Revestido (chapas decorativas, revestimientos plásticos, papel impregnado...)

▪ **Según las especificaciones del usuario.**

Cuando hablábamos de la fabricación y, más concretamente, del encolado, hicimos ya una primera clasificación en función de su ubicación: interior o exterior.<sup>1268</sup> Esta es quizá la clasificación más usada, pero podemos establecer otras, como acabamos de ver, que dependerán de la finalidad a que vaya destinado, de la especie o especies de maderas usadas, presiones utilizadas, propiedades mecánicas, terminación superficial o recubrimientos.<sup>1269</sup>

En cuanto a las especies usadas ya se ha comentado cuales son las más habituales. Asimismo se ha hecho lo propio con los diferentes encolados, calidades de chapas, etc.

El punto que nos queda es la finalidad para la que están diseñados:

*Tableros estructurales:*

1. Para fines industriales, construcción, etc.: En ellos las características que priman sobre las demás son la resistencia y durabilidad. Encolado con resinas fenólicas. La calidad de las caras no es especialmente importante y suele ser inferior a las de las de uso ordinario.
2. Náutico o marino: De muy alta calidad (chapas sin defectos) incluso en sus caras. Destinado a usos marinos (forros de embarcaciones, etc.), suele fabricarse con maderas nobles como la caoba, en sus caras y

---

<sup>1268</sup> Ver la norma UNE-EN 314-2:1994.

<sup>1269</sup> Este punto se trató al hablar de recubrimientos.

obeche en su alma y contramallas. Encolado con resinas fenólicas (WBP).

#### **7.3.1.1.7 Propiedades / Características.**

Material ligero, fácil de manejar. Su manipulación no requiere herramientas complicadas.

Se puede obtener en grandes dimensiones.

Las propiedades se establecen para un contenido de humedad del tablero del 15% a una temperatura de 20° C y 65% de humedad relativa.

Densidad: Depende de las especies integrantes, pero de manera genérica puede establecerse 550 Kg/m<sup>3</sup>. Para un 12% de humedad.



Laboratorio de FinnForest.  
Cortesía de FinnForest.

#### *Propiedades de resistencia y elasticidad:*

(En los tableros finlandeses se establecen de acuerdo con las normas SFS 2417, SFS 4091, SFS 4092, para espesores entre 4 y 30 mm.

- Resistencia a compresión perpendicular a la superficie:
  - Adaptación de la norma ASTM 147 (sección 77) originalmente para madera maciza. Para la dureza aplicar normas ASTM 143 y 1324.
- Características resistentes y módulo de elasticidad: tensión, compresión, torsión:
  - De acuerdo con las normas SFS 2417, SFS 4091, SFS 4092, para espesores entre 4 y 30 mm.
- Resistencia característica a la cizalladura y principal módulo de rigidez.
- Tensión de presión permitida.

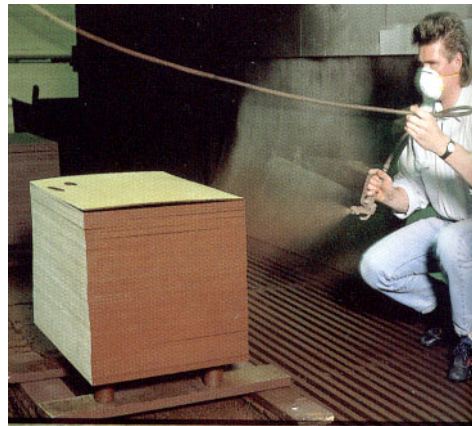


- Resistencia a la tensión perpendicular al plano del panel.
- Dureza Brinell y Janka del contrachapado.
- Influencia de la duración de la carga y contenido de humedad en las propiedades elásticas y resistentes.
- Efecto de la temperatura sobre las propiedades de resistencia y elasticidad.

*Propiedades referidas a la humedad:*

- Humedad y mojado del contrachapado:

- El tablero tiene una humedad típica entre el 7-9% cuando es entregado por el aserradero. Después de esto, durante el transporte, almacenamiento, etc. dicha humedad puede variar.



Impermeabilización de los cantos.  
Cortesía de FinnForest.

- El tablero, como derivado de la madera que es, puede captar humedad de dos maneras: del aire, por ser un material higroscópico, también por capilaridad y por condensación. Por medio de recubrimientos y sellado de los cantos se reduce la absorción pero no puede ser eliminada totalmente.
- Contenido de humedad de equilibrio en los contrachapados: Depende de la HR y de la temperatura ambiental. Según el Eurocódigo 5:  $T = 20^{\circ} \text{C}$  y  $HR = 65\%$ . En el caso de contrachapados finlandeses como Birch, Combi, Twin y Coniferous el contenido de humedad es del 12%. El contenido de humedad aumenta con una disminución de la temperatura ambiente y viceversa.

RELACIÓN APROXIMADA ENTRE LA HUMEDAD RELATIVA Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO	
Humedad relativa	contenido de humedad de equilibrio
10	2
20	4
30	6
40	7
50	9
60	11
70	13
80	16
90	20
100	28

- Cambios dimensionales en los contrachapados por humedad inducida: las dimensiones de los derivados de la madera cambian en el rango de humedad de 0% a 30%, por ejemplo, cuando el contenido de humedad está por debajo del punto de saturación de fibras. En contenidos por encima del 30% los cambios dimensionales son generalmente insignificantes. (Valores dentro del rango 7-27%, para un tablero WBP) Los cambios dimensionales en longitud y anchura, dependiendo de las especies, oscilan entre 0,010 % y 0,017%, por eso se establecen juntas de dilatación de 1-2 mm/m en el acoplamiento de tableros. En el grosor es de 0,3-0,4 por 1% de cambio en el nivel de humedad del panel. La hinchazón de un tablero contrachapado grueso es más pequeña que la de un tablero fino.<sup>1270</sup>
- Alabeo y torcimiento del contrachapado: la humedad puede provocar alabeo y torcimiento en el panel. La lisura de un panel es óptima para un contenido de humedad entre 9-11% que es el correspondiente al del contrachapado al salir del prensado caliente.

<sup>1270</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág.71.



- Resistencia al agua: En el rango 0-30% ocurren cambios dimensionales a la vez que las propiedades de resistencia y elasticidad decrecen, pero si su encolado es WBP y están debidamente recubiertos así como sus cantos sellados no presentan las anteriores limitaciones.
- Resistencia al vapor: en los contrachapados no revestidos su resistencia decrece cuando es sometido al vapor. Después de seco recupera sus propiedades. Si la exposición es prolongada puede producirse pudrición. Con películas en las caras se pueden proteger de estas acciones.
- Absorción de agua por la superficie: Dicha absorción puede reducirse por medio de recubrimientos. Estos suelen ser a veces de fenol y melamina pero su protección no es completa.

Absorción de agua por la superficie			
		Unidad de peso de la película (g/m <sup>2</sup> )	Tasa aproximada de absorción de agua (g/m <sup>2</sup> /24 horas)
Contrachapado recubierto	Película fenólica	120	36
		170	26
		200	23
		290	20
Contrachapado no recubierto	Birch	—	1940
	Spruce	—	1010

- Factor de difusión de la humedad en el contrachapado: expresa la movilidad de las moléculas de agua en el tablero. Esta movilidad es cuatro veces más rápida desde el canto del panel que a través de las caras en los tableros no recubiertos. Este factor crece fuertemente cuando aumenta el contenido de humedad y la temperatura.<sup>1271</sup>

<sup>1271</sup> Puede obtenerse información muy detallada en, Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág.74.

- Sellado de los cantos: son más sensibles a la humedad ambiental porque en ellos la fibra aparece seccionada y de esta manera está en una posición en la que puede absorber más fácilmente el agua. Por ello el canto debe ser sellado si el tablero va a usarse en aplicaciones exteriores. Los tableros recubiertos traen los cantos ya sellados desde la fábrica. Suelen sellarse con una pintura de dispersión acrílica duradera. Esta pintura tapona el final de las cavidades celulares retardando la absorción de humedad.
- Durabilidad biológica:
  - Resistencia a la intemperie: Con los adhesivos de fenol-formaldehído la unión de las chapas no se debilita por la acción de los hongos o los microorganismos. Sin las debidas protecciones de cara y cantos, los tableros no recubiertos tienen una duración limitada a la intemperie. Deben cumplir los requerimientos SFS-EN 636-3 (condiciones de uso exterior).
  - Radiación UV: La radiación UV del sol penetra los materiales de recubrimiento, los daña afectando a la apariencia de las superficies y con el tiempo puede producirse su delaminación. Las películas fenólicas tienen limitada resistencia a estas radiaciones y con el tiempo se produce, primero una pérdida de color y segundo, un cuarteo del recubrimiento. Los tableros recubiertos con papeles impregnados con resinas de poliuretano pigmentadas dan una excelente protección y evita la aparición de futuros cuarteos al utilizarse en exteriores.
  - Resistencia a la pudrición:
    - Pudrición de la madera y el contrachapado: Es causada por los hongos que destruyen la celulosa y la lignina, con la consiguiente pérdida de resistencia. Estos vegetales necesitan la materia orgánica como nutriente y el oxígeno atmosférico.

La norma SFS-EN 350-2 se establece la resistencia del duramen de algunas especies en una escala de 1 a 5 (pino: 3-4 durabilidad razonable, spruce: 4 durabilidad limitada, abedul: 5 no durable. La madera de albura de todas las especies de la tierra desciende a las calidades 4 y 5.<sup>1272</sup>

- Esta pudrición ocurre cuando el contenido de humedad excede del 20% y la temperatura se sitúa entre +3° C y +40° C, pero principalmente entre +20° C y +30° C.
- Puede evitarse manteniendo la humedad del tablero entre 18-20%, por medio de tratamientos químicos o si el tablero se sumerge completamente en agua, pues de esta manera no estará expuesto al oxígeno del aire. Las resinas de fenol-formaldehído son totalmente resistentes a la pudrición y microorganismos. Los revestimientos retrasan la penetración de humedad pero no evitan totalmente que puedan ser atacados.
- Tratamientos preventivos: Añadiendo preservativos a la cola de fenol-formaldehído se mejora la resistencia a la pudrición. Los tratamientos preservativos para el contrachapado son aplicados según las normas: DIN 68705, Teil 3/BFU 100 G y DIN 68800, Teil 2 y Etil 5. La mejor protección es impregnar los preservativos a presión. En el contrachapado los preservativos penetran más rápidamente que en especies idénticas de madera maciza. Los contrachapados cuyas chapas se han obtenido por desenrollo tienen la ventaja de que desarrollan muchas pequeñas fisuras que se

---

<sup>1272</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág. 76.

aplastan en la prensa. Esos diminutos cuarteos son difíciles de detectar a simple vista pero son más rápidamente penetrados por el preservativo bajo presión.<sup>1273</sup> Como los cuatro cantos poseen terminaciones de los poros, el contrachapado puede ser impregnado más fácilmente a través de ellos y así conseguir un tratamiento uniforme.

- Azulado y moho: Hongos que producen decoloración. Se nutre de las sustancias solubles de las células pero no ataca a la celulosa ni a la lignina, por eso no perjudica seriamente las características resistentes de los tableros. No va más allá de la superficie y puede eliminarse con un detergente.

*Resistencia al ataque de insectos:* Por medio de preservativos añadidos al adhesivo, puede un tablero hacerse resistente a su ataque. Las termitas son de los más peligrosos. Para contrarrestar su ataque suele emplearse un producto químico llamado Phoxim. Este producto se añade al adhesivo de fenol-formaldehído en una proporción no menor de 0,70 Kg/m<sup>3</sup>.<sup>1274</sup>

*Resistencia química de los contrachapados:*

- Contrachapados sin recubrir: La celulosa tiene buena resistencia a las bases pero no a los ácidos fuertes. En cambio la lignina es fácilmente soluble en bases siendo resistente a ácidos fuertes. El contrachapado es bastante resistente pero las soluciones básicas ablandan la madera y causan hinchazón y las ácidas tienen un efecto destructivo. El contacto directo con cloro, hipoclorito y nitratos debe evitarse. Los disolventes orgánicos como la acetona, benceno, alcohol, etc. disuelven las resinas, grasas y ceras, causando hinchazón y reducción en las propiedades resistentes.

---

<sup>1273</sup> “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 26.

<sup>1274</sup>, Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág.151.

- Tableros recubiertos: Las películas fenólicas mejoran su resistencia a los químicos.

Propiedades térmicas.

Propiedades de resistencia al fuego.

Propiedades acústicas.

Se trata de propiedades que se comentan al hablar de la madera maciza y sobre las que no vamos a insistir.

*Durabilidad y propiedades de la superficie del contrachapado:* En el caso de los tableros utilizados como soporte en las BB.AA. la mayor parte del esfuerzo está dirigido hacia la superficie, como ocurre con los tableros utilizados en la construcción, transportes, etc. La resistencia mecánica de la superficie del tablero depende de factores diferentes: especies de madera, densidad, espesor de las chapas, resistencia a compresión perpendicular a la superficie, dureza de las superficies, composición del recubrimiento, espesor del mismo, etc.<sup>1275</sup>

*Resistencia al agrietamiento de las superficies y explicación de porqué se agrietan los aparejos aplicados encima de los contrachapados sin ninguna protección (entelados, empapelados, aparejados con yeso negro, por ejemplo):* Todas las superficies de madera tienen tendencia al agrietamiento en condiciones exteriores. Esto es más grave si el tablero no está recubierto.



Grietas en chapas de Douglas fir, de un tablero de Ainsworth Lumber Co. Ltd.

Al pintar o aparejar un tablero hay que tener en cuenta esta tendencia al agrietado de las chapas de cara. Como vimos al hablar de la fabricación del contrachapado las chapas al salir del torno presentan gran cantidad de grietas en su superficie. La chapa de cara presenta sus grietas<sup>1276</sup> hacia el interior del tablero por la propia construcción del contrachapado, por eso con la dilatación-contracción producida por la

<sup>1275</sup> Jouko Veistinen y Pennala, Erkki, op. cit., pág.82.

<sup>1276</sup> Podemos hacer una distinción entre grieta y hendidura, ya que afectan de diferente manera en la superficie. Grieta es una hendidura tan fina y poco profunda que impide que a través de ella se aprecie la chapa inferior. La hendidura es tan profunda que deja entrever la chapa siguiente y, en muchos casos falta bastante material. Cuando los bordes de los tableros no están bien encolados se producen pérdidas de las chapas de cara y contracara que favorecen la aparición de hendiduras.

higroscopicidad de la madera, se producirán grietas en la superficie al dilatarse y contraerse dichas grietas:

Unprotected plywood exposed to the weather may look unsightly in a few months. This is not because the plywood itself deteriorates but because of the tendency of the surface veneer to check; a phenomenon common to all wood in which hundreds of tiny hairline cracks open up parallel to the face grain. These tiny cracks or checks are caused by the wood fibres separating at the growth boundaries as the fibres swell or shrink as the result of rapid changes in moisture content.<sup>1277</sup>

Este marcado en la superficie no ejerce un importante efecto de degradación en la resistencia del tablero ya que, normalmente el tablero dispone de más chapas en la dirección del grano que en la perpendicular a este.

Para evitar los cuarteos puede recubrirse con una chapa de madera dura o un laminado de alta presión o por medio de entelados, empapelados, aplicación de pinturas lo suficientemente elásticas, etc., aunque es difícil cubrir adecuadamente la superficie sólo con pinturas (caso de las traseras) o con aparejos directamente aplicados encima sin mayor protección. En la industria la mejor protección para exteriores es recubrir el tablero con gruesos papeles base pintados por ejemplo con pinturas de poliuretano o con recubrimientos del tipo MDO. Estas superficies no se agrietarán de ninguna manera.

<b>Combinaciones de pinturas recomendadas en tableros finlandeses<sup>1278</sup></b>				
<b>Tipo de panel</b>	<b>Uso exterior</b>		<b>Uso interior</b>	
	<b>Primer</b>	<b>Finnish</b>	<b>Primer</b>	<b>Finnish</b>
MetsäSP	—	Poliuretano	—	Poliuretano
Birch, Combi, Twin, Spruce sin recubrir	Epoxi	Poliuretano	Epoxi	Poliuretano
	Alquídica-acrílica	Alquídica-acrílica	Alquídica-acrílica	Alquídica-acrílica

Normalmente se aplican 1-2 capas de pintura final, dependiendo de los requisitos.

<sup>1277</sup> “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 24.

<sup>1278</sup> Jouko Veistinen y, Erkki Pennala, op. cit., pág.182.

### ***Para usos exteriores:***

Si se va a pintar sobre un **recubrimiento MDO**, no es necesario preparar especialmente la superficie, no hace falta pues lijarla o aplicar tapaporos. Lo que sí es importante es que esté limpia y, si se mojó la superficie, que hayan pasado por lo menos 48 horas para que esté perfectamente seca antes de aplicar la primera capa.

Para la primera mano de pintura: utilizar un recubrimiento resistente a la intemperie y que sea compatible con la capa de terminación: El uso de recubrimientos que forman película flexible (por ejemplo con base de látex u oleorresinosa) no son recomendados cuando va a ser recubiertos por capas que formen películas duras. En tal caso la capa de terminación (top o finish coat) debería ser más flexible que la primera mano (primer o prime coat). Para exteriores pueden usarse capas finales de pinturas alquídicas (largas o medias en aceite) y esmaltes, esmaltes vinílico-alquídicos y esmaltes fenólicos aplicados sobre una primera mano de pintura alquídica (largas o medias en aceite).

La mayoría de las pinturas de látex de estireno butadieno, emulsiones acrílicas y de acetato de polivinilo han demostrado resultados satisfactorios si se aplican sobre ellas mismas o sobre alquídicas. Sistemas no recomendados sobre ellos mismos son pinturas de titanio resistentes al ampolamiento, látex homopolímeros de acetato de polivinilo, lacas y pinturas que contienen óxido de zinc.

Si se va a pintar sobre un contrachapado sin recubrimiento y se requiere una pintura más que un simple teñido, la capa de terminación debe ser aplicada de la siguiente manera: pintar los paneles con cuidado por delante y por detrás con una pintura de base oleosa o de base aluminio. Si una capa base de aluminio se usa como primera capa garantizar que es del tipo específico para madera y no para usos generales o metales. Asegurarse que la imprimación y todas las siguientes capas sellan los cantos.<sup>1279</sup>

---

<sup>1279</sup> “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, págs. 24-25.

En los cantos la fibra de los extremos de las chapas de madera recoge y pierde humedad más rápidamente que las fibras laterales, por eso los cantos deberán sellarse lo más rápidamente posible.

Los cantos se repintan 2 o 3 veces con pintura de Poliuretano (PU), o con una combinación de pintura alquídica reforzada con pintura acrílica + epoxi especial. También suelen emplearse fuertes recubrimientos o imprimaciones para exteriores o pinturas basadas en aluminio.

Sistemas de pintura de bajo brillo y de tipo poroso que permiten el flujo capilar de la humedad a través de la capa de pintura no debería utilizarse porque el frecuente mojado y secado de la superficie del contrachapado conduciría a un anormalmente prematuro agrietado y fracaso en la pintura.

Existen muchos overlays<sup>1280</sup> y coatings para usos exteriores con los contrachapados. Los más comunes son la fibra de vidrio y marcas de fábrica de láminas sintéticas.

Las pinturas de látex acrílico suelen ser recomendadas para el pintado de paneles recubiertos con fibra resinosa.

Los recubrimientos fenólicos y los modelos de malla de alambre no se hacen con la finalidad de ser pintados pero si por las razones que fueran tuvieran que serlo podría hacerse lo siguiente:

- Fuerte lijado con papel de esmeril.
- Imprimir con pintura epoxi especial.
- Una o dos capas finales de pintura de Poliuretano.

Esto no es garantía de que esa superficie permanezca intacta durante mucho tiempo.

#### ***Para usos interiores:***

La superficie debe limpiarse y todas las manchas deben sellarse con masillas para madera y lijadas después finamente. Siempre que sea posible sellar los cantos antes de pintar. Usar lija fina y lijar siempre a favor del

---

<sup>1280</sup> Overlay es una lámina transparente de recubrimiento que se conoce desde los años 40.



grano. No pintar encima de polvo o manchas de aceite o cola. Sellar o emplastecer todos los nudos antes de pintar.

<b>(Humedad hasta el punto de saturación)</b>	
Variación de las dimensiones (tablero de 3 chapas)	
paralelo a la fibra	perpendicular a la fibra
del 0,2 al 1 %	del 0,3 al 1,2 %

<b>Condiciones normales de exposición (interior)</b>	
paralelo a la fibra	perpendicular a la fibra
0,0135 %	0,0201 %

Estos cuadros representan el “trabajo” de los contrachapados en condiciones de humedad hasta el punto de saturación y en ambientes interiores<sup>1281</sup>. Podemos constatar que estos movimientos son bastante inferiores a los registrados por la madera maciza y se consigue que el tablero se comporte de manera “casi” igual en las dos direcciones.

Por su gran flexibilidad puede adaptarse a superficies curvas. Este punto lo hace sumamente interesante a la hora de construir soportes ligeros de superficies curvas.

Aparte de lo ya apuntado en los epígrafes precedentes, una de las propiedades más importantes que posee el tablero contrachapado es su resistencia (a tracción, compresión, flexión...) dado que es superior a los metales en la relación resistencia peso.



Soportes cilíndricos de superficies convexa y cóncava, respectivamente, realizados en contrachapado.  
Suomen Metsämuseo LUSTO. Finlandia.  
Cortesía de PUU.

<sup>1281</sup> Cifras del laboratorio de Madison (L.P.F.M.) ofrecidas por Cesar Peraza en “Empleo, en construcción de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 58, Julio-Agosto, 1954, Montes, Madrid, pág. 283.

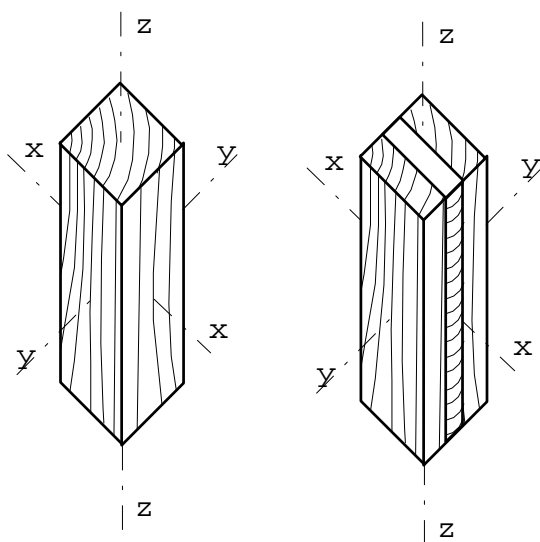
Con los dibujos y explicaciones siguientes, Arredondo nos muestra de una manera sencilla las características resistentes de estos tableros en relación con madera maciza de igual espesor:

La resistencia de los tableros contrachapados a tracción y a compresión ejercidas paralelamente a la fibra de las chapas superficiales (dirección ZZ) es menor que la correspondiente en una pieza de madera, debido a que en ésta todas las fibras están en las direcciones en que se ejerce el esfuerzo y, en cambio, en el tablero contrachapado hay parte de las fibras que no están en dicha dirección.

En la dirección "XX", el tablero contrachapado presenta más resistencia que la pieza de madera porque parte de las fibras que constituyen el tablero están orientadas en esa dirección. Sin embargo, en la dirección "YY" no hay prácticamente diferencia entre el tablero contrachapado y la pieza de madera, ni en tracción ni en compresión.

En flexión podemos considerar los casos representados en la figura siguiente. La mayor resistencia la presentará la pieza de madera del caso a, la cual tiene sus fibras paralelas a la luz. La resistencia mínima corresponde al caso b, en el que la pieza de madera sometida a flexión tiene sus fibras perpendiculares a la luz.

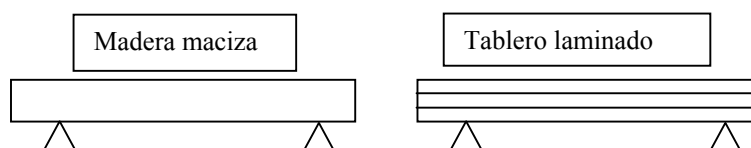
El tablero considerado en el caso c, es casi tan resistente como la pieza de madera del caso a, y mucho más resistente que el tablero del caso d.<sup>1282</sup>



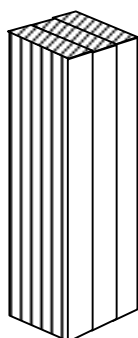
El caso del tablero laminado conecta más con la madera maciza que el contrachapado por la disposición de las fibras. Su resistencia a tracción y compresión paralelamente al eje Z es mayor que la del tablero

<sup>1282</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 992.

contrachapado, ya que todas sus fibras están orientadas en la misma dirección.

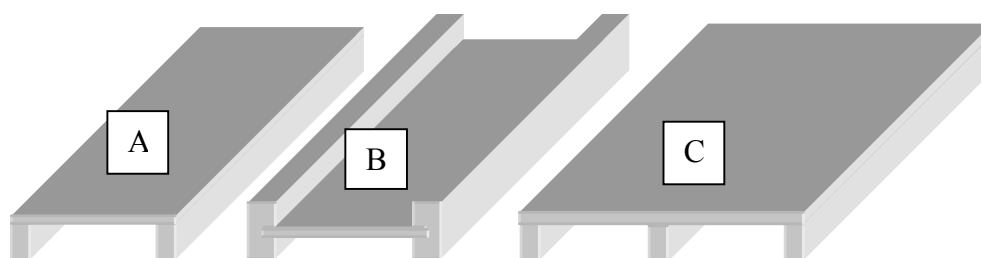


También en la dirección marcada por el eje X, el tablero laminado es menos resistente, pues no tiene ninguna fibra orientada en esa dirección. Lo mismo ocurre con la madera maciza.<sup>1283</sup>



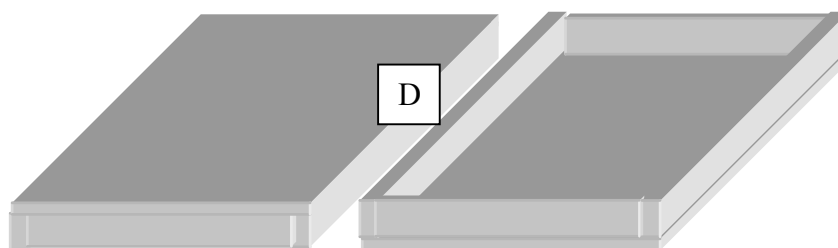
Con todo esto queremos decir que según estén orientadas las caras del tablero contrachapado, en relación con los apoyos, sus resistencias serán mayores o menores, es decir, que su comportamiento estructural viene definido por la dirección de la fibra y la estructura del tablero cuando actúa como una placa:

Si el punto crítico viene condicionado por la resistencia a la flexión o por la rigidez, la dirección de la fibra en la chapa externa es espacialmente importante. De esta forma, deberá colocarse la dirección de la fibra perpendicular a las líneas de apoyo. En el caso de un tablero rectangular apoyado sobre los cuatro lados debería disponerse con la dirección de la fibra perpendicular a las líneas de apoyo más cercanas. La dirección de la fibra de los tableros desnudos de Finlandia es normalmente paralela al lado corto. Este hecho debe tenerse en cuenta cuando se pretenda optimizar el despiece del tablero.<sup>1284</sup>



<sup>1283</sup> Salvo, lógicamente, los radios cuyas fibras llevan una dirección transversal al resto de las otras fibras.

<sup>1284</sup> "Finlandia", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 65.



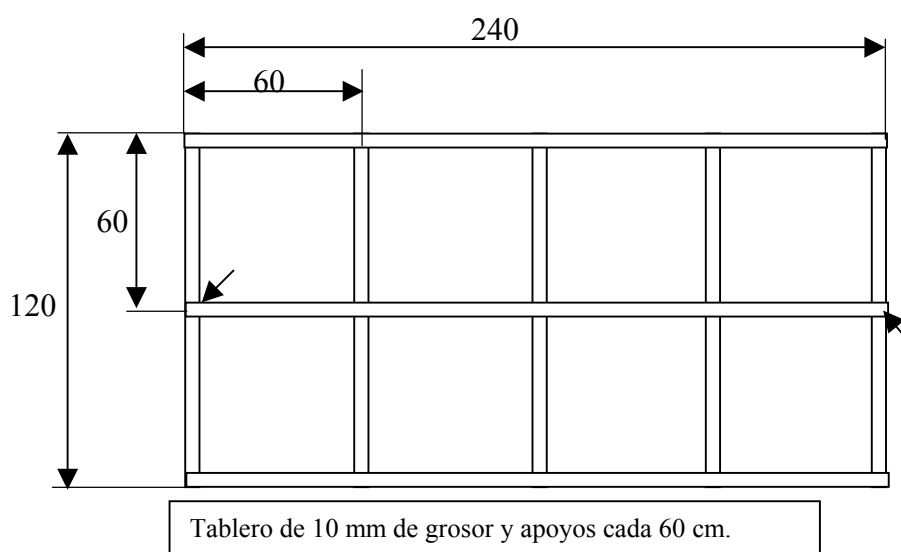
Nájera da como buenas las siguientes cifras que pueden orientarnos a la hora de fabricar los bastidores de nuestros soportes:<sup>1285</sup>

Grosor (mm)	Carga (Kg/m <sup>2</sup> )	Separación entre apoyos (cm)
5	200	30
7	200	40

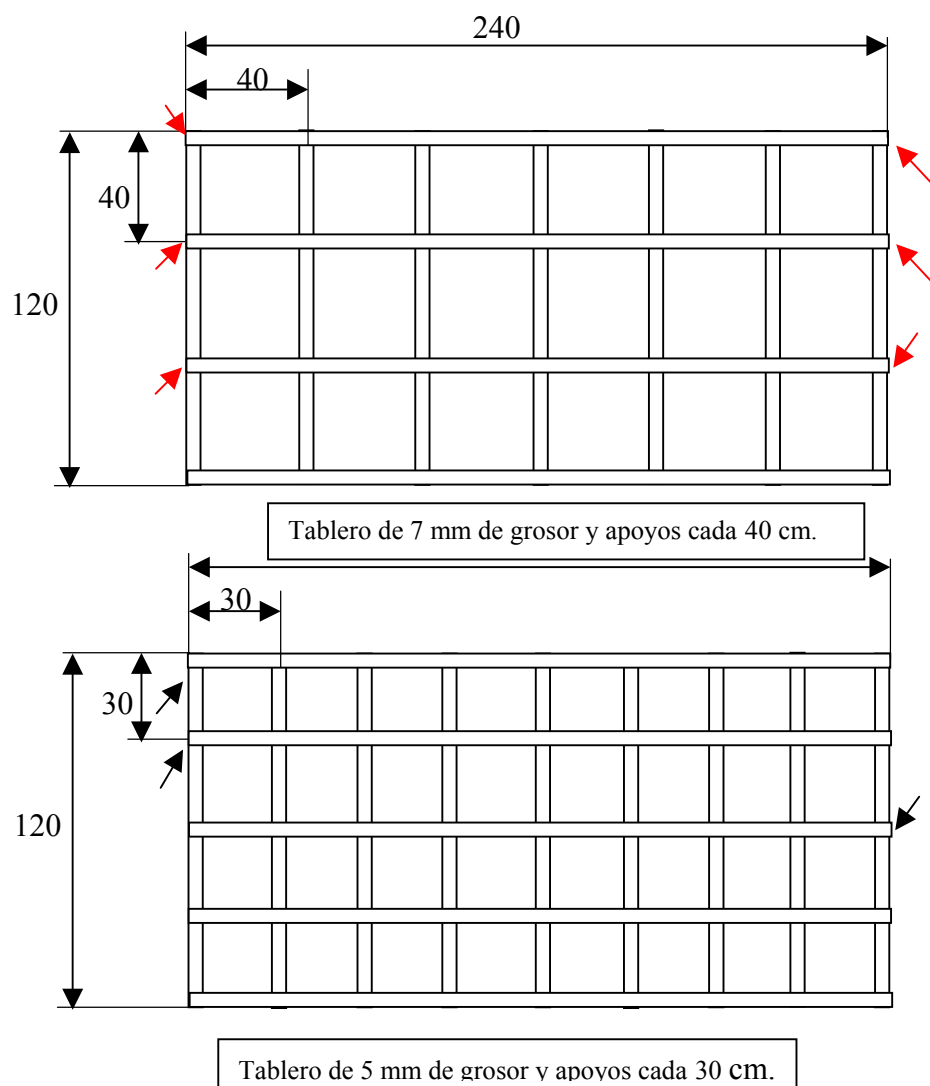
Esto quiere decir, evidentemente, que para la misma carga necesitaremos menos apoyos si el tablero es de mayor grosor.

Estos datos son de gran utilidad, pues nos darán una idea de los listones necesarios para realizar nuestro bastidor y la carga que pueden soportar, aunque no sea esta la utilización que le vamos a dar.

Según esos datos, podemos establecer los siguientes esquemas, referidos a tres soportes realizados con sendos tableros de 120 x 240 cm (medidas aproximadas normalizadas: 122 x 244 cm).



<sup>1285</sup> Nájera y Angulo, La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 92.



Para grosores superiores podemos ver la siguiente tabla que Canply recomienda:<sup>1286</sup>

TIPO DE CONTRACHAPADO	SEPARACIÓN ENTRE APOYOS (mm)					ESPESORES (mm)
	300	400	480	800	1200	
DFP <sup>1287</sup>	7,5	7,5	9,5	12,5	18,5	
CSP <sup>1288</sup> ○ POPLAR <sup>1289</sup>	7,5	7,5	9,5	15,5	20,5	

<sup>1286</sup> “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, págs. 17.

<sup>1287</sup> Douglas Fir Plywood (contrachapado de pino Oregón).

<sup>1288</sup> Canadian Softwood Plywood (cotrachapado canadiense de coníferas).

<sup>1289</sup> Álamo o chopo.

El efecto placa es muy importante también para nosotros por otra razón y es que, dependiendo del artista y su forma de trabajo, a veces se trabaja en sentido horizontal y apoyando nuestro tablero en el suelo. Al producirse ese efecto podemos trabajar sin peligro de deformaciones.

#### 7.3.1.1.8 Usos o aplicaciones.

Las aplicaciones de este material, se multiplican día a día precisamente por sus características y por la tecnología desarrollada a su alrededor que hace que este material posea cada vez más valor añadido.

Como hemos visto, posee unas propiedades que le hacen apto para



Mecanizado de tableros. Wisa-Wire.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

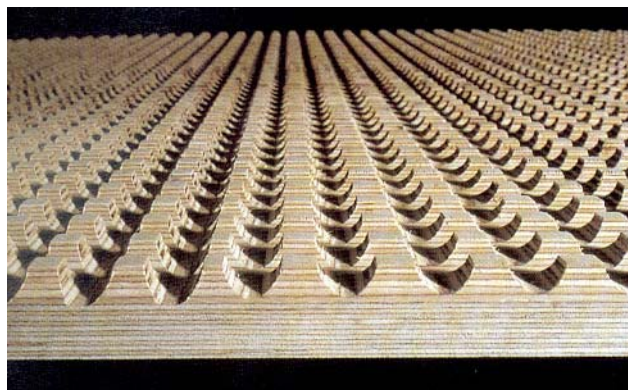


Suelo de vehículos Schauman  
Wisa.  
Cortesía de Schuman Wood  
Oy.

infinidad de aplicaciones y ocupa de esta manera posiciones antaño ocupadas por otros materiales (metales, plásticos, etc.) Unas de las propiedades más importantes que lo definen son: poco peso, resistencia a flexión, posibilidad de moldeo, material que se puede fabricar a la carta teniendo el control de sus propiedades, etc. Todo esto le hace apto para ser aplicado en áreas tan diversas como:

##### 1. Carpintería:

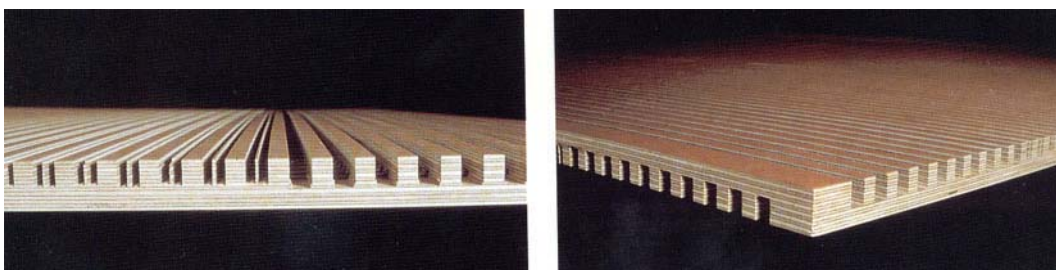
- De armar (función



Contrachapado trabajado con fresadora con fines artísticos.  
The wood studio in the Department of Architecture of the  
Helsinki University of Technology.  
Exposición en el Finish Museum of Architecture en 1997.  
Obra de Gunilla Björkqvist.  
Cortesía de PUU.

estructural): vigas (doble T). Es el único tablero que puede efectuar funciones de arriostramientos.

- De taller: construcción de puertas, muebles, ventanas, fondos de cajones, traseras de armarios, separaciones de cajones, etc. Suelen utilizarse los contrachapados corrientes de tres chapas y grosor de 3 a 5 mm, de poca calidad, dado que van destinados a zonas en las que no se requieren grandes esfuerzos. En el campo de las BB.AA. es corriente cometer el error de utilizar estos tableros en la fabricación de soportes rígidos. Dado que este tipo de tablero está diseñado para lo que acabamos de comentar, convendría no usarlo como soporte artístico.



Contrachapado trabajado con sierra circular con fines artísticos.

The wood studio in the Department of Architecture of the Helsinki University of Technology.

Exposición en el Finish Museum of Architecture en 1997.

Obra de Anders Adiercreutz..

Cortesía de PUU.

2. Ebanistería: construcción de muebles con maderas nobles.

3. Construcción: moldes, encofrados recuperables para hormigón (ya que el hormigón no puede adherirse a la madera).

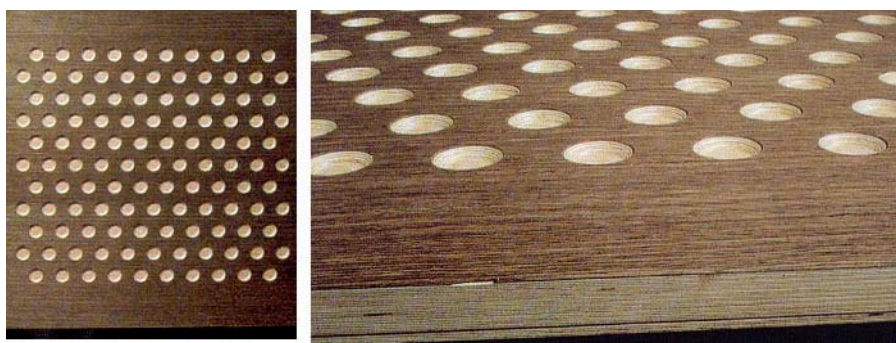
El tablero destinado a encofrados comienza su andadura en EE.UU. y en los años 50 tenía una adecuada normalización. Destacaba en aquella época el tablero “HARBORITE”, fabricado por la Harbord Plywood Corporation. Estos tableros se fabricaban con chapas abeto Douglas encolados con resinas de fenol-formaldehído y sus caras también impregnadas con esta misma resina<sup>1290</sup>. Otros tableros muy usados en forjados son las marcas “ENCOPIN”, “ECOFILM” Y “AFROPIN”. En la actualidad están muy difundidos estos tableros por su gran resistencia a la humedad: por ejemplo

---

<sup>1290</sup> César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, Año X, nº 59, Sept-Oct, 1954, Montes, Madrid, pág. 340.



la compañía “Forest Traffic, S.L” comercializa un fabricado con chapas de abedul ruso de 17 mm de espesor y que presentó en la Feria Construtec



Contrachapado trabajado con taladradoras con fines artísticos.  
The wood studio in the Department of Architecture of the Helsinki University of Technology.  
Exposición en el Finish Museum of Architecture en 1997.  
Obra de Sebastián Cedercantz.  
Cortesía de PUU.

2000, aquí en Madrid.

1989: Tablero de chapas de coníferas: p. pinaster, Epicea, P. radiata. O de chapas africanas o tropicales, y/o Abedules y otros<sup>1291</sup>. Revestimientos, paramentos, cubiertas, tabiques, vigas, elementos prefabricados, parquet, casas, etc.

En cubiertas de edificios también se utiliza mucho, llegando a veces a grosores de 99 mm (sello APA).

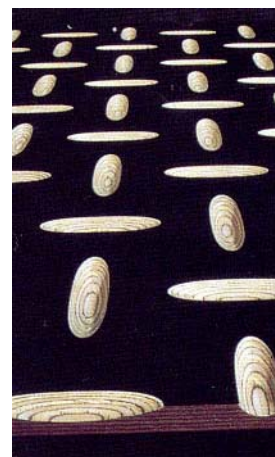
4. Aeronáutica: construcción de aviones y aeromodelos.

5. Artes escénicas: escenografías teatrales, cinematográficas y televisivas.

6. Transporte: Cajas de carga de camiones, suelos de

autobuses. En los años 60' como carrocería de algunos coches de carreras. Contenedores y vagones de ferrocarril. Muy conocidas son

Contrachapado trabajado con fresadoras con fines artísticos.  
The wood studio in the Department of Architecture of the Helsinki University of Technology.  
Exposición en el Finish Museum of Architecture en 1997.  
Obra de Tommi Mauno.  
Cortesía de PUU.



<sup>1291</sup> Información técnica remitida por Agepan, en “Tablero de partículas de alta densidad para encofrados”, *Montes*, nº 60, Sept-Oct, 1989, Montes, Madrid, pág.17.



unas cajas reutilizables denominadas **Cilp-Lock**, que se construyen con tablero contrachapado, ensambladas sus caras por medio elementos metálicos que actúan a modo de bisagras. En la fabricación de estas cajas se emplea mucho el tablero Wisa-Spruce, que está fabricado solamente por chapas de abeto con espesores de las mismas entre 1,4 y 3,2 mm.

7. Embalaje y envase. Junto con el tablero de aplicación en carpintería construcción y muebles, son las que se fabrican en España.

El de envase y embalaje utiliza dimensiones inferiores a 1m<sup>2</sup> y se despieza, en tablillas. La materia prima es el chopo.

A los de aplicación en carpintería, etc. se les denomina tableros “standard” y tienen una superficie igual o superior a 3m<sup>3</sup>. Encontrándose el 90% de las industrias en la Comunidad Valenciana.<sup>1292</sup>

8. Construcción naval: A veces puede llegar a ser un material que ofrece una relación de peso-resistencia superior incluso a algunos composites sintéticos.<sup>1293</sup>

9. Juguetes: (Torres García).

10. Bellas Artes:  
Principalmente como soporte rígido. Salvo que la veta vaya a quedar vista, los tableros para BB.AA. no necesitan efectos superficiales, dado que la mayoría de las

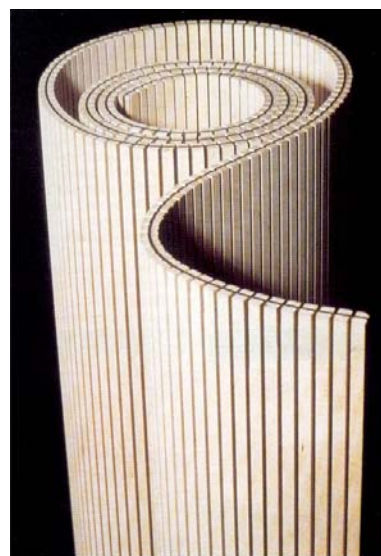
Tablero de listones flexible con fines artísticos.

The wood studio in the Department of Architecture of the Helsinki University of Technology.

Exposición en el Finish Museum of Architecture en 1997.

Obra de Sebastián Lönnqvist.

Cortesía de PUU.



vezes va a quedar oculto por telas, papeles, aparejos y capas pictóricas.

<sup>1292</sup> Marco Antonio González Álvarez, “Problemática actual del sector de la madera y mueble. Recomendaciones al reto del mercado único” *Montes*, nº 29, 3<sup>er</sup> trimestre de 1992, Montes, Madrid, pág. 22.

<sup>1293</sup> Usado en forma de tubo en la década de los 40 por la Marina estadounidense como soporte de cables flotantes, por su ligero pero, resistencia y flotabilidad. También se usó como canalón, para encofrados de hormigón, etc. (“Colas Modernas y su aplicación a la madera laminada”, en *Montes*, Año I, nº 2, Marzo-Abril, 1945, Montes, Madrid, pág.73.

### 7.3.1.1.9 Algunas composiciones de tableros.

Creemos interesante incluir este punto ya que hemos visto hasta ahora el proceso que se sigue, pero no hemos dicho nada de las combinaciones, usuales o no, de distintas chapas para conformar los distintos tableros.



Tablero 10 mm, 5 chapas, fenólico, ocumé.  
De Roliply.



Tablero 10 mm, 7 chapas,



Tablero 12 mm, 5 chapas.



Tablero 12 mm. 7 chapas iguales.



Tablero 2,5 mm, 3 chapas. Caras de ocumé  
y alma de limoncillo.



Tablero 12 mm, 7 chapas



Tablero de embalaje 3mm, 3 chapas.



Tablero 3 mm, 3 chapas, fenólico.



Tablero 7 mm, 5 chapas distintas especies.



Tablero 8 mm, 5 chapas.



Tablero 8 mm, 5 chapas.



Tablero 7 mm, 5 chapas.



Tablero 5 mm, 3 chapas.



Tablero americano de embalaje 10 mm, 3 chapas.



Tablero 6 mm, 6 chapas (2 de ellas en la misma dirección)



Tablero 3 mm, 3 chapas.



Tablero 5 mm, 3 chapas.





Tablero 6 mm, 3 chapas.



Tablero de embalaje 3 mm, 3 chapas.



Tablero 4 mm, 3 chapas, caras de ocumé y limoncillo



Tablero de embalaje 3 mm, 3 chapas.  
Caras de chopo.



Tablero 4 mm, 3 chapas.



Tablero 8 mm, 5 chapas. Fenólico.



Tablero 9 mm, 5 chapas. Fenólico.



Tablero de 15 mm, 7 chapas.



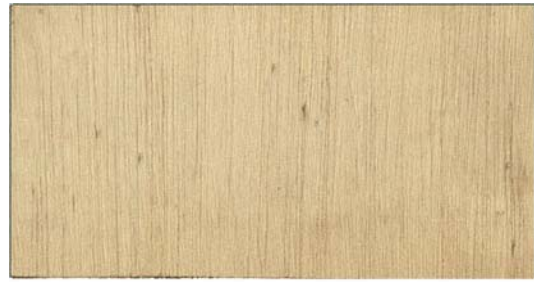
Tablero de 22 mm, 9 chapas, fenólico.



Tablero 10 mm, 5 chapas.



Tablero de 30 mm, 11 chapas.



Tablero 12 mm, 7 chapas, fenólico.



Tablero de 10 mm, 7 chapas, ocumé.  
Sopegar.

#### - **Tableros sello APA. The Engineered Wood Association.**

APA es una asociación sin ánimo de lucro que agrupa a los fabricantes de productos estructurales de madera de Norteamérica, representa a las 45 empresas más importantes con el 75-80% de la producción de tableros estructurales de madera en los EE.UU. y una parte importante de los tableros de Canadá. Tiene su sede en Tacoma, Washington (USA). Es la mayor agencia que proporciona servicios de pruebas y aseguramiento de la calidad a fabricantes de madera de los EE.UU.<sup>1294</sup> Lo más parecido que tenemos aquí es Aitim.

*Normativa:* Dichos tableros se fabrican conforme a las normas:

- PS 1-83<sup>1295</sup>, para Triplay para la Construcción y la Industria.

<sup>1294</sup> Información facilitada por la propia Asociación.

<sup>1295</sup> PS quiere decir “Products Standard”, es decir, Normas de Productos de EE.UU.

- PS 1-95, para tablero contrachapado con aplicaciones estructurales e industriales.
- PS 2-92, para el comportamiento de tableros derivados de la madera de uso estructural.

*Características de los tableros:*

- La humedad del tablero suele ser del 8 al 10-12%.
- Las temperaturas tan altas empleadas en su fabricación eliminan los xilófagos que pudieran contener.
- Buen aislante acústico.
- Cuando está seco presenta gran impermeabilidad al paso del vapor de agua<sup>1296</sup>.
- Presenta una clasificación de reacción al fuego como la madera maciza, clase M2. Según la DIN 4102 es de clase B-2: normalmente inflamables. Según la Une 23.727 se considera M3 (combustible y medianamente inflamable) o M4 (combustible y fácilmente inflamable) según espesores. La resina fenólica del encolado se comporta ante el fuego igual que la lignina, no alterando el comportamiento al fuego.

*A tener en cuenta al utilizar estos tableros:*

- Juntas de dilatación entre tableros de unos 3 mm.

*Tipo de encolado (clasificación según durabilidad a la exposición):*

- (La clasificación se establece según la durabilidad del adhesivo: Exterior y Exposición 1 son encolados resistentes al agua BFU 100 o WBP):
  - Exterior: Encolado totalmente a prueba de agua, diseñado para usarse permanentemente a la intemperie o en la humedad.
  - Exposure 1 (exposición 1): Encolado con gran resistencia a la humedad, no está diseñado para permanecer permanentemente a la intemperie. Se usan los mismos adhesivos que en los paneles para exteriores.

---

<sup>1296</sup> Dichos valores quedan recogidos en la tabla que muestra los ensayos realizados por la FMPA (Normas DIN) y por el CENTRUM HOUT (Países Bajos) y que podemos consultar en “El tablero contrachapado norteamericano en la construcción de cubiertas”, APA The Engineered Wood Association, 1994, pág. 7.

- Exposure 2 (exposición 2): Identificados como de tipo interior con adhesivo intermedio según la PS 1. Se utilizan en las aplicaciones de construcción protegidas.
- Interior. Los paneles marcados como de interior, sin más información que esa, llevan adhesivos de interior y como tal sólo deben utilizarse en interiores.<sup>1297</sup>

*Número de chapas:*

- 4 y 5.

*Clases de chapas:*

- Estos tableros pueden fabricarse con chapas de más de 70 especies diferentes agrupadas, por criterios de resistencia mecánica y rigidez, en cinco grupos (según la PS 1-83). Las especies más resistentes pertenecen al grupo 1, descendiendo en calidad hasta el 5. Generalmente se refiere a la especie utilizada en cara y contracara.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C PLUGGED</b> (Rellenado)	<b>C</b>	<b>D</b>
----------	----------	---------------------------------	----------	----------

La mejor calidad es la “A”, que tiene menos defectos y reparaciones. Conforme descendemos alfabéticamente, descendemos en calidad por la cantidad y tamaño de defectos y reparaciones. Las reparaciones pueden hacerse con rellenos de masillas sintéticas (“S”) o con rellenos de madera (“W”). El grado C es el menor permitido en paneles de uso exterior. El grado D está limitado a las contracasas o a caras interiores de paneles Exposure 1.<sup>1298</sup>

Las caras con chapas grado B o superior salen lijadas de la fábrica. Los tableros APA RATED SHEATHING no van lijados por no requerirlo su uso final. Si los tableros tienen una sola cara lijada llevan el sello en la cara no lijada. Si las dos caras están lijadas el sello lo llevan en el borde.

<sup>1297</sup> “Reglas básicas para construir una casa”, American Plywood Association (APA), Tacoma, Washington, 1993, pág. 4.

<sup>1298</sup> Información más detallada en “Clases de tableros contrachapados norteamericanos”, APA The Engineered Wood Association, Tacoma, Washington, 1994, págs. 2-3.

### Tipos de tableros:

Tipo de tablero	Denominación comercial	Grosores (mm)	Descripción	Usos	Encolado	Calidad chapas <sup>1299</sup>		
<b>APA Rated Sheathing</b> (revestimiento)	<b>CDX o CCX</b>	8/9,5/12/12,5/15/16/18/19	Panel sin lijar	Estructurales: pisos, paredes, techos. Embalajes, cajones estantes, divisiones, etc.	Exposure 1	C	D	D
					Exterior	C	C	C
<b>APA Rated Sturd-I-Floor</b> (Piso sencillo)	<b>S-I-F</b>	15/16/18/19/28,5	Superficie lisa. Resiste fuertes impactos. Poco lijado. Machihembrado o no.	Superficie para instalar alfombras.	Exposure 1	C Plugged	D C	D
					Exterior	C Plugged	C	C
<b>APA A-B</b>		6/8,5/9,5/12/12,5/15/16/18/19	Caras bien lijadas	Cercas, rótulos, estantes, cisternas, conductos, etc.	Exposure 1	A	D	B
					Exterior	A	C	B
<b>APA A-C</b>	<b>ACX</b>	6/8,5/9,5/12/12,5/15/16/18/19	Apariencia de un solo lado importante	Aleros, cercas, interiores de vagones y camiones, cisternas, refrigeradores, etc.	Exterior	A	C	C
<b>APA B-B</b>		6/8,5/9,5/12/12,5/15/16/18/19	Ambas caras lijadas.	Uso general. Para encofrados.	Exposure 1	B	D	B
					Exterior	B	C	B
<b>APA B-C</b>		6/8,5/9,5/12/12,5/15/16/18/19	Superficie lisa lijada.	Uso en el campo, edificios de trabajo, revestimientos de vagones y camiones, recipientes, encofrados,	Exterior	B	C	C
<b>APA C-C Plugged</b> (Rellenado o parchado)		9,5/12,5/15/16/18/19	Una superficie lisa para alfombras. Resistente a fuertes impactos.	Cubiertas de pisos, plataformas, interiores de vagones y camiones, aleros abiertos, encofrados	Exterior	C Plugged	C	C
<b>APA C-D Plugged</b> (Rellenado)	<b>CDX</b>	9,5/12,5/15/16/18/19		Bodegas, bobinas para cables, separaciones interiores. No encofrados ni como sustituto del S-I-F	Exposure 1	C Plugged	D	D
	(Si se trata de un APA C-D Plugged & Touch-Sanded) <b>PTS</b>							
<b>APA 303 Siding</b> <sup>1300</sup> (Costanera)		9,5/12,5/15/16/18/19	El exterior del panel tiene textura o es acanalado.	Revestimientos, cercas, etc.	Exterior	C	C	C
<b>APA T 1-11</b>		15/16	Paneles especiales APA 303 Siding con ranuras de 6 mm de profundidad, de 9,5 mm de ancho con espaciamientos de 100 a 200 mm. Sin lijar, con textura y MDO	Revestimientos.	Exterior	C	C	C

<sup>1299</sup> Cara/Chapas interiores/Contracara.

<sup>1300</sup> Existen cuatro clasificaciones básicas del recubrimiento APA 303: son las Series especiales 303, 303-6, 303-18 y 303-30. Estas, a su vez, se dividen en trece categorías en función de las distintas calidades de las caras. Estas calidades van referidas al aspecto del panel y las reparaciones en sus superficies y son las siguientes: 303 (OC, OL, NR, SR), 303-6 (W, S, S/W), 303-18 (W, S, S/W) Y 303-30 (W, S, S/W). El ancho máximo de estos recubrimientos es de 305 mm y su longitud de 4880 mm. y sus bordes cuadrados o biselados. Las texturas de las caras pueden ser: aserrado tosco, escobillado y liso, con ranuras, etc. Puede consultarse "Madera contrachapada estructural para recubrimiento exterior", APA The Engineered Association, septiembre 1994, Tacoma, Washington.



Tipo de tablero	Denominación comercial	Grosores (mm)	Descripción	Usos	Encolado	Calidad chapas <sup>1299</sup>		
<b>APA High Density Overlay</b>	<b>HDO</b>	9,5/12,5/16/19	Paneles con superficies de alta densidad. Ambas caras recubiertas con una capa de fibra resinosa, semiopaca y altamente resistente a la abrasión. También con superficie antideslizante tipo malla.	Encofrados, superficies de muebles, rótulos, cisternas.	Exterior	A B	C Plugged	A B
<b>APA Medium Density Overlay</b>	<b>MDO</b>	8,5/9,5/12/12,5/15/16/18/19	Paneles con superficies de densidad media. Una o dos caras cubiertas con una capa fibroresinosa, lisa y opaca	Base ideal para pintar interiores y exteriores. Estanterías, superficies de trabajo, rótulos, almacenaje. Para encofrados, fabricados especialmente,	Exterior	B	C	B C

*Tableros para encofrados:*

- Pueden usarse casi todos los tableros de tipo exterior.
- Los paneles HDO y MDO están especialmente diseñados para encofrados.
- Los tableros APA B-B Plyform® Clase 1, EXT, vienen aceitados ya de fábrica con aceites tipo “100 claro”<sup>1301</sup>, cuestión a tener en cuenta si van a usarse como soporte para procedimientos al agua.

Tableros APA para encofrados <sup>1302</sup>								
Tipo de tablero	Denominación comercial	Grosores (mm)	Descripción	Usos	Encolado	Calidad chapas <sup>1303</sup>		
<b>APA B-C EXT Grupo 1</b>		12/12,5/15/16/18/19/22/25,5/28,5	Lijado por ambas caras. La cara clase B es la que estará en contacto con el concreto.	Para uso exterior. Encofrados.	Exterior	B	C	C
<b>APA B-B EXT Grupo 1</b>		12/12,5/15/16/18/19/22/25,5/28,5	Lijado por ambas caras.	Para uso exterior. Encofrados.	Exterior	B	C	B
<b>APA B-B Plyform® Clase 1, EXT</b>		12/12,5/15/16/18/19/22/25,5/28,5	Superficies lisas y sólidas. Lijados por ambas caras y <b>aceitado de fábrica</b> .	Fabricado especialmente para encofrados.	Exterior	B	C	B
<b>APA C-C Plugged, EXT Grupo 1</b>		12,5/15/16/18/19/21,5/28,5	Lijado superficialmente. Con una alta resistencia a cargas de impacto.	Para uso exterior. Encofrados	Exterior	C- Plugged	C	C

<sup>1301</sup> Según la APA en “Madera contrachapada de Estados Unidos para encofrados”, American Plywood Association (APA), Tacoma, Washington, 1992, pág. 6.

<sup>1302</sup> “Madera contrachapada de Estados Unidos para encofrados”, American Plywood Association (APA), Tacoma, Washington, 1992, pág. 2.

<sup>1303</sup> Cara/Chapas interiores/Contracara.

Tableros APA para encofrados <sup>1302</sup>								
Tipo de tablero	Denominación comercial	Grososres (mm)	Descripción	Usos	Encolado	Calidad chapas <sup>1303</sup>		
APA HDO Plyform® Clase 1, EXT			Recubierto con una capa semiopaca de fibra resinosa fundida sobre las caras.	Para uso exterior. Encofrados	Exterior	B	C-Plugged	B

- **Tableros estándar de Finlandia<sup>1304</sup>**

o **Schauman Wisa.®**

Es la marca registrada de Schauman Wood Oy. La firma Schauman Wood Oy está considerada como el nº 1 en Europa en el sector del contrachapado, siendo el mayor fabricante de tablero contrachapado de Europa, además de un líder mundial. Pertenece al importantísimo grupo internacional UPM-Kymmene, de Finlandia.

Realizan sus ensayos según las normas DIN, ISO y EN. Su calidad está garantizada por la norma ISO 9002.

Sus tableros están fabricados con adhesivos resistentes a la intemperie y que cumplen la norma EN 314-2 clase 3.

Sus tableros base se componen de chapas de abedul (todas ellas) o de chapas de abeto (todas ellas) o bien una mezcla de abedul y abeto.

- Los revestimientos mejoran la resistencia al desgaste, a los golpes, productos químicos, etc. Películas y laminados impresos mejoran su resistencia a la fricción. Su revestimiento más utilizado es de tipo fenólico y su grosor depende de la utilización. Este revestimiento se utiliza principalmente en encofrados, andamios, plataformas y en construcción de vehículos, porque están revestidos por ambas caras con laminados fenólicos y con relieves antideslizantes.
- También se utilizan otros revestimientos como pinturas, películas de plástico y papeles impregnados con resinas fenólicas (overlays). Estos

<sup>1304</sup> Para más información vid. información técnica de Schauman Wood: “Schauman Wisa®”, Lahti, Finland, 2000 y Aitim, “Finlandia”, págs. 60-61 y 106.

revestimientos proporcionan una protección adicional contra la corrosión y la humedad.

- Los tableros sin revestimientos son de alta calidad y se utilizan en la construcción. Se utiliza mucho el abeto para el tablero Wisa-Spruce por ser ligero y económico.

*Tableros base:* Birch, Combi, Twin Y Conifer.

- Se usa mucho el Wisa®-Birch<sup>1305</sup>, es decir, un tablero de chapas de abedul de 1,4 mm de

espesor. Se utiliza mucho este tablero en la industria de vehículos, muebles y revestimientos interiores. Son tableros de alta calidad.



Tablero Wisa-Birch.  
Cortesía de Schauman  
Wood Oy.

BIRCH: Todas las  
chapas de abedul.



Encolado de tipo fenólico, resistente al exterior, cumple las siguientes normas:

- EN-SFS 314-2.
- DIN 68705: BFU 100.
- BS 6566, tipo WBP.

Calidad de las chapas:			
I (B)	II (S)	III (BB)	IV (WG)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para superficies que haya que lacar.</li> <li>- Nudos pequeños de hasta 6 mm de Ø</li> <li>- Láminas de cara con el mismo color.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para superficies que haya que pintar.</li> <li>- Nudos de 10 a 20 mm de Ø.</li> <li>- Caras con decoloración y algunas manchas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad utilizada en estructuras.</li> <li>- Los defectos superficiales se emplastecen o remiendan con productos sintéticos.</li> <li>- Nudos de hasta 25 mm de Ø.</li> <li>- Juntas abiertas y variaciones de color.</li> </ul>	<p>Para fines donde no importa el aspecto superficial.</p> <p>Se permiten fisuras y orificio de nudos, juntas, variaciones de color y otros defectos de fabricación.</p>

<sup>1305</sup>El tablero de abedul Wisa® Birch, ha sido el producto más importante de esta firma en toda su trayectoria y se fabrica con chapas de abedul de 1,4 mm de espesor (18 de estas chapas hacen un tablero de una pulgada de espesor: 25,4 mm).

Puede ser cortado fácilmente con láser.

**Tabla 1. Espesores, construcciones y pesos de los tableros Wisa-Birch en dimensiones estándar y Maxi. Contenido de humedad en fábrica 8–10 %.**

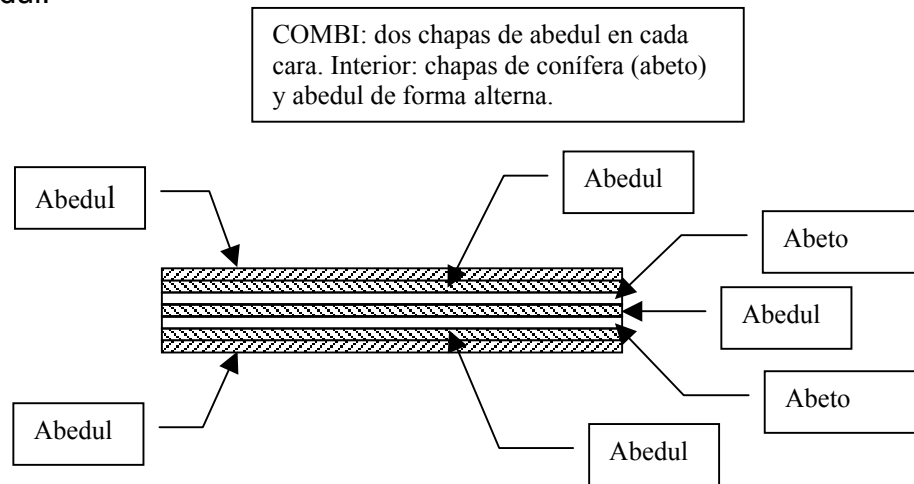
Espesor nominal (mm)	Número de laminas	Espesor real (mm)				Peso (kg/m²)
		Estándar		Maxi		
		min.	max.	min.	max.	
4	3	3,5	4,1	3,0	3,8	2,8
6,5	5	6,1	6,9	5,6	6,4	4,6
9	7	8,8	9,5	8,3	9,1	6,3
12	9	11,5	12,5	11,0	12,0	8,4
15	11	14,3	15,3	13,8	14,8	10,5
18	13	17,1	18,1	16,6	17,6	12,6
21	15	20,0	20,9	19,5	20,5	14,7
24	17	22,9	23,7	22,3	23,3	16,8
27	19	25,2	26,8	24,7	26,3	18,9
30	21	28,1	29,9	27,6	29,4	21,0
> 30		± 3 %		—		

Cortesía de Schauman Wood Oy.

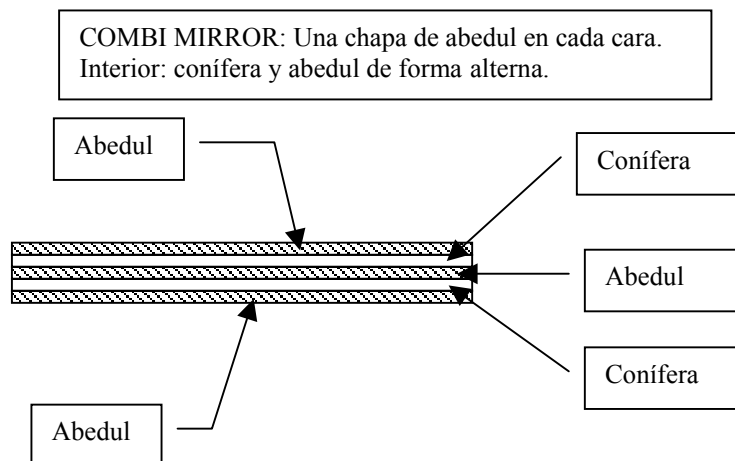
Dimensiones estándar de Wisa®-Birch (mm)			
Anchura	Longitud	Anchura	Longitud
1200	1200	1250	1250
	2400		2400
	2500		2500
	3000		3000
	3600		3600
1220	1220	1500	1500
	2440		2400
	2500		2500
	3050		3000
	3660		3600
1525	1525		
	2440		
	2500		
	3050		
	3660		

Dimensiones estándar de Wisa®-Birch Maxi (mm)			
Anchura	Longitud	Anchura	Longitud
2400	2000	2800	2000
	3000		3000
	4000		4000
	6000		6000
	12000		12000
	12300		12300

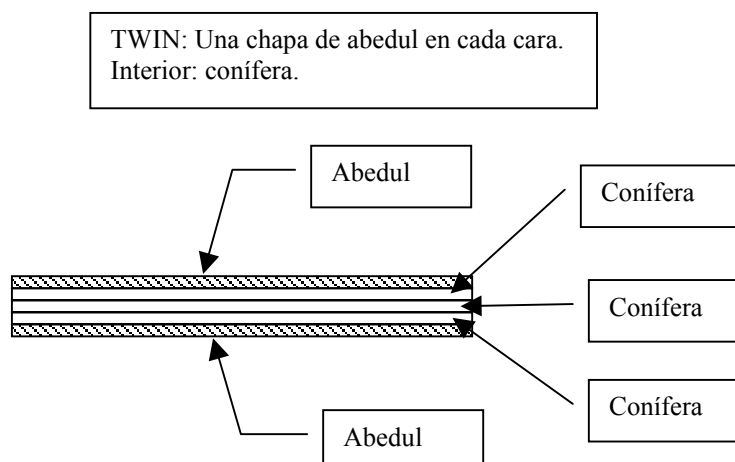
- Wisa®-Combi. Se fabrica con chapas de 1,4 mm de espesor de abedul y abeto. Contrachapado multiuso para la construcción, ebanistería y transporte cuando no se necesita la resistencia del contrachapado de abedul.



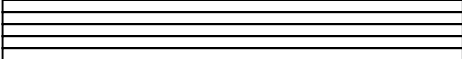
- Wisa®-Combi Mirror.



- Wisa®-Twin. Las chapas de cara de abedul y las interiores son de abeto. Se usa en construcción, carpintería-ebanistería, etc.



- Wisa®-Conifer. Láminas de 1,4 mm de espesor.

<p>CONIFER: todas las chapas de coníferas. Las de las caras suelen ser de abeto o de pino.</p>	<b>Peso de los tableros base</b>	
	Birch (Abedul)	700 Kg/m <sup>3</sup>
	Combi	640 Kg/m <sup>3</sup>
	Conifer	520 Kg/m <sup>3</sup>

Utilizando estas bases Schauman Wood Oy fabrica otros tableros procesados entre los que merece la pena destacar las siguientes:

- Wisa®-Decor, Wisa®-Panel. Tablero de coníferas estriados y machihembrado. Se usa en revestimientos.
- Wisa®-Form: Tablero para encofrados de hormigón.

Encolado: Adhesivos de resina fenólica según las normas:

- SFS 2415.
- DIN 68705, BFU 100.
- BS 6566:1985, type WBP.

También se usa para la construcción de vehículos.

Gama de tableros:

- Wisa®-Form Birch (abedul). Es el producto más conocido de los tableros Schauman. Todas sus chapas son de abedul. Está revestido por ambas caras con una película fenólica de espesores entre 120 y 220 g/m<sup>2</sup>, que resiste desde un sol abrasador hasta fuertes heladas, así como la mayoría de los productos químicos y la alcalinidad del hormigón. Puede utilizarse hasta 50 veces. Tratado con desencofrante se despega fácilmente.
- Wisa®-Form Combi. Construido con dos chapas de abedul en cada cara. En el interior: chapas de conífera (abeto) y abedul de forma alterna. Es un tablero de uso general, pero específico para encofrados.
- Wisa®-Form Especial. Revestimiento de 240 g/m<sup>2</sup>. De mayor resistencia al desgaste que el tablero estándar.

- El tablero Wisa®-Form Super: Tablero de 1ª clase para encofrados especiales. Está revestido por una cara con un laminado especial (400 g/m<sup>2</sup>) prensado en caliente y con película fenólica por el reverso. Especialmente diseñado para grandes moldes.

<b>Dimensiones estándar de Wisa®-Form y Wisa®-Form Super</b>	
<b>Anchos (mm)</b>	1200
	1220
	1250
	1500
	1525
	2400
	2440
	2500
	3000
	3050
	3600
	4000



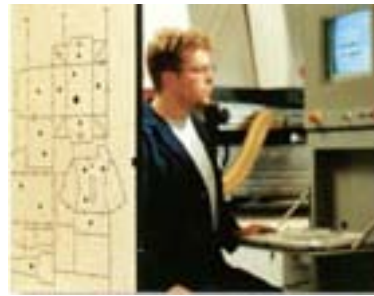
Cara y perfiles del tablero Wisa-Form Green de Schauman Wood Oy. Finlandia.

- Wisa®-Form Maxi y Wisa®-Form Super Maxi: Son tableros gigantes fabricados mediante la unión de tableros estándar unidos con juntas biseladas. El revestimiento es de una pieza, sin juntas. Su mayor tamaño es de 12300 x 2700 mm.

<b>Dimensiones estándar de Wisa®-Form Maxi y Wisa®-Form Super Maxi</b>	
<b>Longitudes (mm)</b>	2000
	3000
	4000
	6000
	12000
	12300
	2400
	2700

- Wisa®-Form Twin y Wisa®-Form Conifer. Usados en situaciones menos exigentes. Suele aplicárseles película fenólica Wisa®-Form estándar. A veces se usan sin revestimiento.

- Betofilm: Se utiliza en encofrados exigentes. Es combi: mezcla de abedul y abeto.
- Warkaus-Alu's y Warkaus Shipsply: revestido en ambas caras con una lámina de 0,5 mm. de aluminio. Aquí se le denomina *tablero blindado*.<sup>1306</sup>



Tablero Wisa-Die.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

- Wisa®-Con: Tableros para muros de vehículos industriales

- Wisa®-Deck: Tableros para suelos de vehículos industriales y de andamios.



- Wisa®-Die: Contrachapados especiales de abedul para troqueles. Tiene una gran estabilidad dimensional, una veta fina y un encolado blanco interior que lo hacen idóneo para el corte con láser.



Cara, contracara y perfiles del tablero Wisa-Floor de Schauman Wood Oy.

- Wisa®-Floor: Tableros para suelos de vehículos y locales de almacenamiento.



Tablero Wisa-Trans.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

- Wisa®-Mant: Tablero de diseño especial para graderíos.



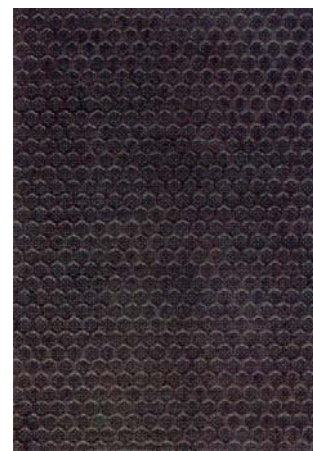
Cara y perfiles del tablero Wisa-Ply de Schauman Wood Oy. Finlandia.

- Wisa®-Nautic: Tablero con laminado decorativo en la superficie.
- Wisa®-Phon: Tablero con aislamiento acústico.

<sup>1306</sup> “las hojas suelen ir revestidas por una delgada lámina de acero o de aluminio que las protege de la intemperie y de la abrasión” (Hugh Johnson, op. cit., pág. 141).



- Warkaus Ships-Ply Lining: Tablero para embalaje pintado con resinas epoxi
- Wisa®-Ply: tablero Pintado/barnizado.
- Wisa®-SP: Tablero de abedul o Combi, prensado en caliente con un revestimiento adherido con resina fenólica listo para pintarse.
- Wisa®-Hexa, Hexafloor, Hexafloor strong, Hexafloor Grip, Hexafloor Step: Tableros para suelos de trailers con marcado hexagonal direccional con diferentes revestimientos de abrasivo.
- Wisa®-Trans: Tablero de especial resistencia al desgaste. Empleado en suelos en la industria del transporte. Formado por chapas de abedul y revestido con un laminado marrón oscuro con un relieve en forma de cuadros. El encolado de las chapas se realiza de acuerdo con las normas:
  - SFS-EN 314, clase 3.
  - DIN 68705, parte 3 (BFU 100).
  - BS 6566, parte 8 (WBP).
- Wisa®-Wagon: Tablero revestido en ambas caras con un laminado adherido mediante resina fenólica. Está especialmente diseñado para los paramentos verticales de vagones de tren.
- Wisa®-White: Tablero de abedul o Combi revestido con un laminado especial blanco que se utiliza para cajas de reflexión de luminarias, carteles publicitarios. Tiene una buena resistencia a los productos químicos y a los rayos ultravioleta.

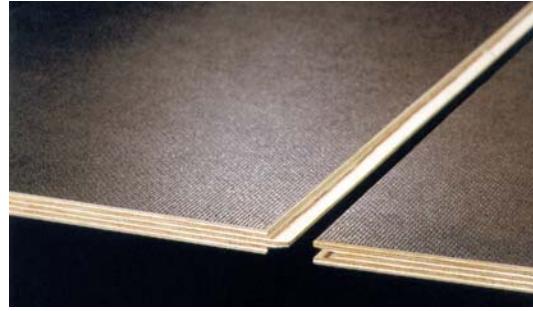


Tablero Wisa-hexa.  
Cortesía de Schauman  
Wood Oy.



Cara, contracara y perfiles del tablero Wisa-Wire  
de Schauman Wood Oy.

- Wisa®-Wire: Tablero para suelos para vehículos relativamente ligeros, suelos de andamios. Está revestido en sus dos caras por una película fenólica y un relieve antideslizante.



- Wisa®-Glas: tablero extremadamente resistente para base de encofrados o muros de piedra o ladrillo.

Machihembrado en Wisa-Wire.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

- Wisa®-Facade: Contrachapado para exteriores (para fachadas) con las caras ya tratadas de fábrica. Por las características de exposición a la



**LAYHER® KB8**  
 $2\text{KN/M}^2$   
 DIN 4420 T. ¼  
 HD 1000  
 BFU 100 G  
 WISA  
 para suelos de andamios

intemperie a la que van a estar sometidos de estos tableros, deben protegerse las caras y los cantos: «El canto o los bordes de todos los tableros que se corten deben volverse a sellar con sumo cuidado con una pintura de exterior flexible o con un adhesivo de acetato de polivinilo de 2 componentes».<sup>1307</sup> Las caras tienen un tratamiento superficial multicapa translúcido con base de resina alquídica-acrílicas, que contienen captadores de rayos UV, pigmentos y productos protectores de la madera. Las contracaras están revestidas de una película fenólica de color marrón claro de  $120\text{ g/m}^2$ .

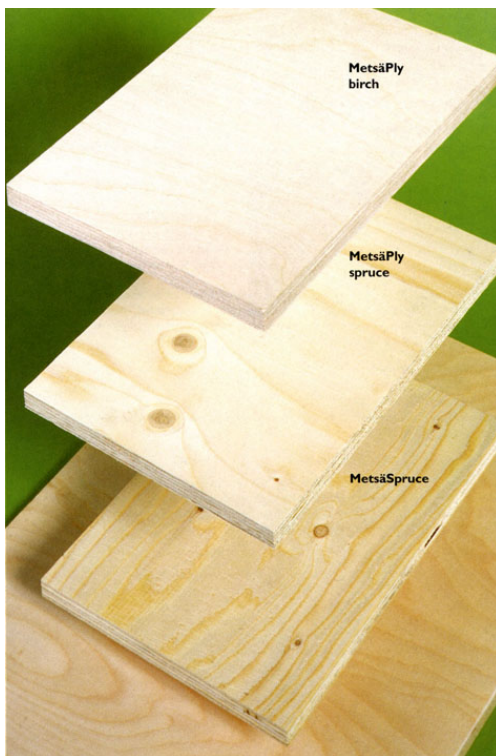
<sup>1307</sup> Para más información vid. literatura técnica de Schauman Wisa® “Contrachapados especiales para construcción. Wisa®-Facade”, Schauman Wood Oy, UPM-Kymmene, Lahti, Finland, 2000.

Wisa®-Facade		
Chapas (Especies)	Dimensiones (mm)	Espesores (mm)
Abedul Abeto	1200 x 2400 1200 x 2500 1250 x 2400 1250 x 2500	15,4 ±1

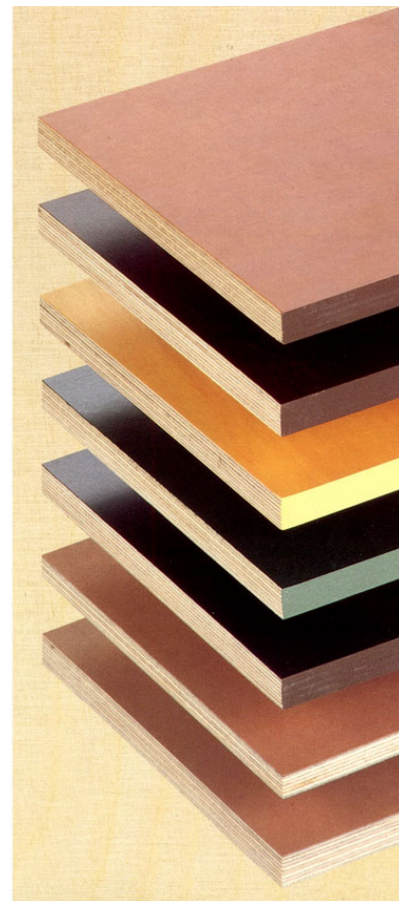
- **Contrachapados de FinnForest.**

Otra fundamental firma en el mundo de los tableros contrachapados finlandeses.

- Construcciones estándar: Los tableros MetsäPly son paneles de chapas



Tableros Metsä.  
Cortesía de FinnForest.



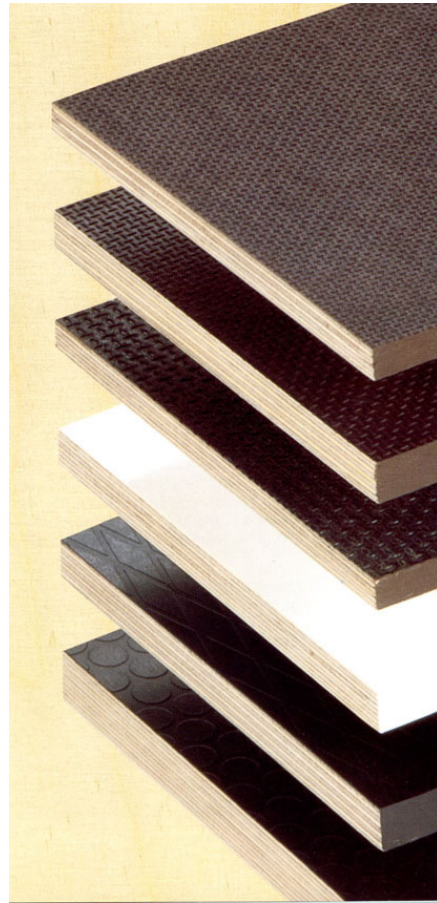
Tableros Metsä de FinnForest.  
Cortesía de FinnForest.

cruzadas de 1,4 mm de espesor con las caras lijadas. Las chapas siempre son impares y su construcción es simétrica respecto a la línea central. Buena resistencia a la humedad. Con encolado fenólico, pueden usarse en interiores y exteriores.



Hay cinco tipos de tableros estándar que dependen del tipo de especies y del orden de colocación:

- MetsäPly Birch: Sólo chapas de abedul. Superficie lisa muy resistente. Muy empleado para aplicaciones de diseño. Grosos de 4 a 50 mm. De color claro. Es la mejor base para cualquier acabado. Usos: encofrados, vehículos de transporte, andamiaje, suelos de containers, estanterías, muros, tejados, señales de tráfico, mobiliario, etc.
- MetsäPly Combi: Chapas de abedul y spruce. Las chapas de cara y la chapa siguiente son de abedul y las demás alternativamente spruce y abedul. Grosos de 6,5 a 27 mm. Color claro. Buena base para acabados. Mínima hinchazón. Usos: encofrados, vehículos de transporte, andamiaje, suelos de containers, muros, tejados,, mobiliario, edificios agrícolas, entarimados, etc.
- MetsäPly Combi mirror: Las caras de abedul, seguidas alternativamente de spruce y abedul. Buena resistencia al alabeo y buena rigidez en la dirección del grano. Bajo peso. Grosos de 6,5 a 27 mm. Usos: encofrados, revestimiento de muros, vehículos de transporte, suelos de containers, muros tejados, embalaje, mobiliario, etc.
- MetsäPly Twin: Las chapas de cara de abedul y todas las demás de spruce. Panel muy ligero. Mínima hinchazón. Grosos de 9 a 21 mm.



Tableros Metsä de FinnForest.  
Cortesía de FinnForest.



Tablero Metsä en forjados.  
Cortesía de FinnForest  
Ibérica, S.L.

Usos: encofrados, revestimiento. vehículos de transporte,, suelos de containers, estanterías, muros, tejados, etc.

- MetsäPly Spruce: Todas las chapas son de spruce de 1,4 mm. Estructura uniforme. Superficie poco suave y con muchos nudos. Mínima hinchazón. Grosos de 4 a 21 mm. Usos: encofrados de uso limitado, vehículos de transporte, andamiaje, suelos de containers, muros, embalajes, tejados, etc.

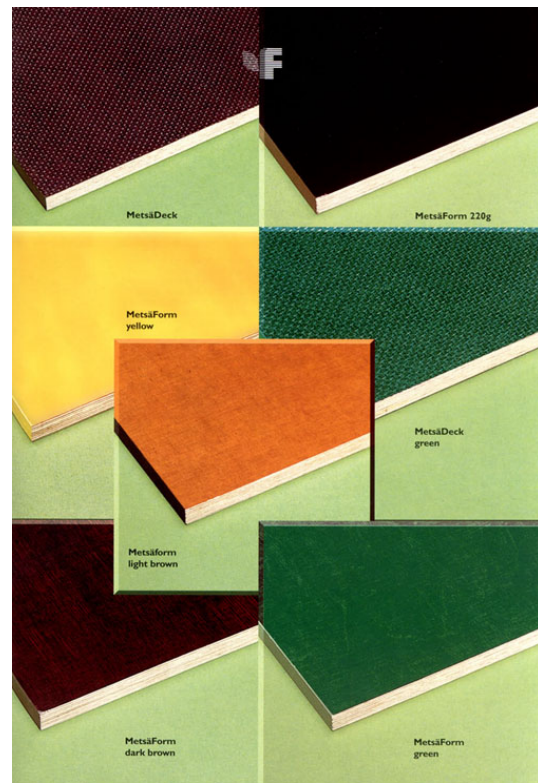


Aplicación de contrachapados MetsäForm en los encofrados realizados en las torres más altas del mundo: las Torres Petronas (451 m), en Kuala Lumpur, Malasia. Por cortesía de FinnForest.

- Otros contrachapados no revestidos:
- MetsäSpruce Conifer: Tablero de madera blanda. Grosor de las chapas 3 mm. Buenas propiedades de rigidez y resistencia. Es el de peso más bajo. Mínimos cambios dimensionales. Grosos: 9 a 30 mm para interior y exterior debidamente protegido. Usos: encofrados, vehículos de transporte, andamiaje, suelos de containers, estanterías, decoración, embalajes, cajas, muros, tejados, etc.

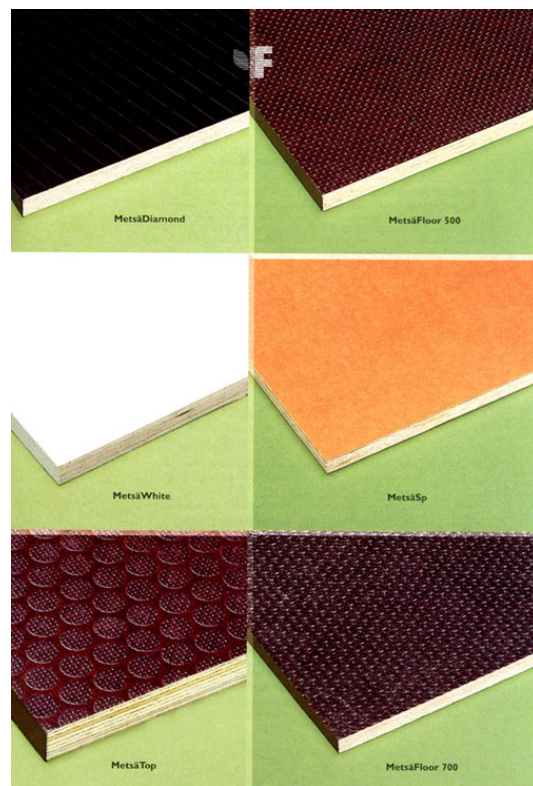
- MetsäPlynt Birch: Tablero de interior de chapas finas de abedul. Encolado con resina transparente de urea-formaldehído reforzada con melamina. Para corte con láser. Espesores: 12 a 21 mm.

- Construcciones especiales: Dependen de a qué se les destine y se obtienen por modificación de los tableros estándar. Se les suele colocar 2 o 3 chapas paralelas en algunas capas.



Tableros Metsä. Cortesía de FinnForest.

- Contrachapados recubiertos: Todos los tableros MetsäPly estándar pueden ser recubiertos con distintos materiales y revestimientos en función de su uso final:
  - MetsäForm: Puede ser de Birch, spruce, Combi o Twin. Está recubierto por una capa formada por un papel impregnado en resina fenólica en las dos caras y sus cantos sellados con pintura acrílica. El peso de la película suele ser de 120 g/m<sup>2</sup>, pero también los hay de 170 y 220 g/m<sup>2</sup>. Colores: marrón oscuro, claro, verde, negro y amarillo. El revestimiento no es completamente resistente a los UV. Espesores: 4 a 30 mm.
  - MetsäDeck: Tablero Birch o Combi con película fenólica en la cara con una malla de alambre estampada en una o en las dos caras. Cantos sellados. Superficie no propensa al agrietado y es de alta calidad. Resiste la humedad y químicos corrientes. Superficie áspera (la de malla). No es completamente resistente a los UV. Grosos: de 6,5 a 30 mm.
  - MetsäFloor: Tablero de abedul o Combi recubierto con un recubrimiento Multicapa de modelo de malla de alambre con resina fenólica. Cantos sellados. Contracara con fina película fenólica. Pesos de la cara recubierta: 500 y 700 g/m<sup>2</sup>. Color marrón oscuro. Espesores: 6,5 a 30 mm.
  - MetsäDiamond: tablero de abedul con recubrimiento multicapa con resina fenólica. Estampado con un modelo de diamante en relieve. La contracara recubierta con una



Tableros Metsä.  
Cortesía de FinnForest.

película fina con un modelo textil. Cantos sellados. Peso del recubrimiento: 580 g/m<sup>2</sup>. Superficie muy resistente. Color: negro. Espesores: 6,5 a 30 mm.

- MetsäTop: Tablero de abedul o Combi con recubrimiento multilaminar con resina fenólica. Estampado con un modelo de botón redondo en relieve. Los botones tienen una malla metálica. Contracara recubierta con un modelo textil liso. Cantos sellados. Peso del recubrimiento: 120, 220, 440, o 660 g/m<sup>2</sup>. Superficie muy resistente. Color marrón oscuro. Grosos: 9 a 30 mm.
- MetsäSP: Tablero de abedul o Combi con un papel base pintado con resina fenólica, en una o ambas caras. Cantos sellados. Peso de 340 g/m<sup>2</sup>. Resistente al agua y la intemperie. El papel pintado asegura una buena adhesión de la pintura impidiendo grietas en la superficie. Para interiores y exteriores. Color marrón claro. Espesores: 6,5 a 30 mm.
- MetsäWhite: Tablero de abedul con recubrimiento de melamina blanca (un papel impregnado en melamina) en una o ambas caras. Cantos sellados. La contracara puede llevar una fina capa fenólica gofrada en forma de malla de alambre. Peso de 250 g/m<sup>2</sup>. La capa de melamina es lisa, dura y muy resistente. Color blanco. Espesores: entre 6,5 y 30 mm.
- MetsäLaser: Tablero de abedul MetsäPlynt recubierto con una película transparente. Utilizado para aplicaciones con corte láser para hacer matrices y troqueles. Espesores: 12 a 21 mm.

- **Contrachapados CANPLY ( antiguo COFI):**

Calidades:<sup>1308</sup>

En Canadá, al igual que ocurre en el resto de países, las calidades se establecen en virtud de la calidad de las chapas de cara y contracara. Se establecen tres calidades: La letra A designa la más alta calidad, siguiéndole la B y la C.

---

<sup>1308</sup> Según hoja técnica “Guide to CANPLY plywood”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, 2000.

Calidad <sup>1309</sup>	Especificado por <sup>1310</sup>	Calidad de chapas de madera <sup>1311</sup>			Características	Aplicaciones típicas
		Cara	capas interiores	Trasera		
Dos lados buenos (G2S) (good 2 sides)	DFP	A	C	A	Lijada. Buena apariencia en las dos caras. Puede tener áreas descoloridas, de material sintético de tonalización, o incrustaciones.	Muebles, puertas de armarios, particiones, estantería, moldes de concreto y terminaciones de pintura opaca.
Lijada	Poplar					
Buena de un lado (G1S) (good 1 side)	DFP	A	C	C	Lijada. Mejor de un lado solamente. Puede contener áreas descoloridas, de material sintético de tonalización o incrustaciones.	Cuando sea importante la apariencia o la terminación de la superficie de una cara. Armarios, estantería, moldes de concreto.
Cara Tensa Seleccionada (SELTF) (select-tight face)	DFP o CSP	B+	C	C	Las aberturas de superficie deben llenarse. Limpia y a medida (C&S).	Capa base de pisos. Retenciones. Uso en construcción donde no se requiere material lijado.
Seleccionada (SELECT)	DFP CSP Poplar	B	C	C	Sin lijar. Superficie uniforme con mínimo de grietas. Limpia y a medida (C&S).	
Revestimiento (SHG) (sheathing)	DFP CSP Poplar	C	C	C	Sin lijar. Las caras pueden contener nudos y orificios pequeños y otros defectos menores.	Techos, paredes y revestimientos de pisos. Retenciones Encofrado. Uso en lugares donde no se requiere material lijado.

## Productos<sup>1312</sup>:

Calidad <sup>1313</sup>	Especificado por <sup>1314</sup>	Calidad de chapas de madera <sup>1315</sup>			Características	Aplicaciones típicas
		Cara	capas interiores	Trasera		
<b>EASY (T&amp;G)</b> Roof profile (Techo Cofi)	DFP CSP	B o C B o C	C C	C C	Trabajado con perfil de borde patentado para su fácil instalación y apoyo de bordes sin ganchos tipo "H".	Revestimiento de techo y de terrazas en construcciones residenciales, comerciales e industriales.
<b>EASY (T&amp;G)</b> Floor profile (Piso Cofi)	DFP CSP Poplar	B o C B o C C	C C C	C C c	Trabajado con perfil de borde patentado para su fácil y rápida instalación.	Revestimiento de piso y techo en construcciones residenciales, comerciales e industriales.
<b>COFI FORM PLUS</b> (forma Cofi plus) Y <b>COFI FORM</b> (forma Cofi)	DFP (límite de espesor y tipo de lados y capas internas)	A A B C	C C C C	A C C C	Paneles de construcción especiales de Pino Douglas con mayor rigidez y resistencia, brindando mejores propiedades particularmente en condiciones de humedad. Disponible en calidades lijada y sin lijar con capa fibro-resinosa y con aplicación de agente removedor de fábrica.	Formas de concreto y otros usos en condiciones de humedad o requerimientos de resistencia.
<b>Medium density overlay</b> <b>MDO 1 side</b> <b>MDO 2 SIDES</b> (Capa de densidad media) <b>MDO 1 lado</b> <b>MDO 2 lados</b>	DFP CSP Poplar	C+ C+	C C	C C+	Superficie suave con capa fibro-resinosa. La capa cubre 1 cara o las dos.	Laterales, soportes, paneles, montajes, carteles y elementos que requieran excelentes superficies de pintado.

+ Orificios permisibles rellenos.

DFP (Douglas Fir Plywood). Encolado exterior.

CSP (Canadian Softwood Plywood). Encolado exterior.

Poplar (Álamo). Es un contrachapado de encolado exterior.

<sup>1309</sup> Todas las calidades y productos, inclusive los recubrimientos, tienen cola resinosa impermeable.

<sup>1310</sup> Para ver la descripción completa de calidad, refiérase a DPF CSA 0121-M1978 y Poplar CSA 0153-M1980.

<sup>1311</sup> Para ver la descripción completa de enchapado de madera, refiérase DFP CSA 0121-M1978, CSP CSA 0151-M1978 y Poplar CSA 0153-M1980.

<sup>1312</sup> Según hoja técnica "Guide to CANPLY plywood", Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, 2000.

<sup>1313</sup> Todas las calidades y productos, inclusive los recubrimientos, tienen cola resinosa impermeable.

<sup>1314</sup> Para ver la descripción completa de calidad, refiérase a DPF CSA 0121-M1978 y Poplar CSA 0153-M1980.

<sup>1315</sup> Para ver la descripción completa de enchapado de madera, refiérase DFP CSA 0121-M1978, CSP CSA 0151-M1978 y Poplar CSA 0153-M1980.



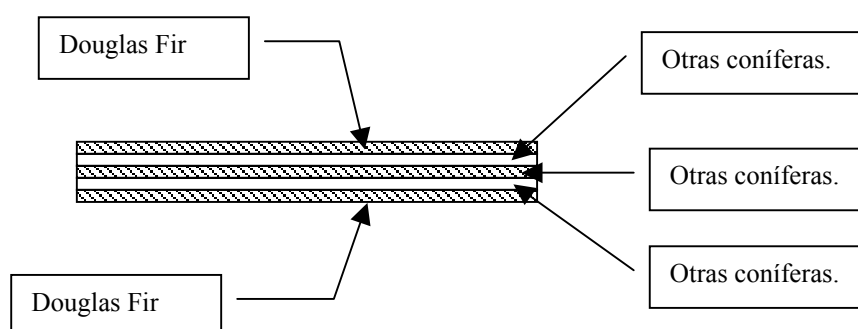
- **Tableros contrachapados CANPLY EXTERIOR:**<sup>1316</sup> parte de chapas de coníferas canadienses y de chapas de álamo en el “Tablero Poplar”. Se establecen dos clases de tablero para los que usan coníferas, según la especie, pero las diferencias fundamentales, según Aitim:<sup>1317</sup> se basan en sus propiedades mecánicas:

- o Tableros DFP (Douglas Fir Plywood):<sup>1318</sup>

- También denominados CANPLY EXTERIOR DFP.
- La materia prima de las chapas de cara es el Douglas Fir. Las chapas interiores, e incluso algunas contracaras, son de otras coníferas:

CANPLY EXTERIOR DOUGLAS FIR			
CARAS	CHAPAS INTERIORES	CONTRACARAS	
Douglas Fir	Douglas Fir Western Hemlock True Fir Stika Spruce Western White Spruce Western Larch Western White Pine Ponderosa Pine Lodgepole Pine	Más común	En grosores de panel 6, 8, 11, 14 mm y calidad G1S
		Douglas Fir	Western Hemlock True Fir Stika Spruce Western White Spruce Western Larch Lodgepole Pine

- Cumplen la norma canadiense CSA<sup>1319</sup> 0211-M1978 Douglas Fir.



<sup>1316</sup> “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, págs. 3-13.

<sup>1317</sup> “Especial Canadá”, Aitim. Boletín de Información Técnica, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993, pág.70.

<sup>1318</sup> Contrachapados de Pino Oregón.

<sup>1319</sup> Canadian Standard Association.

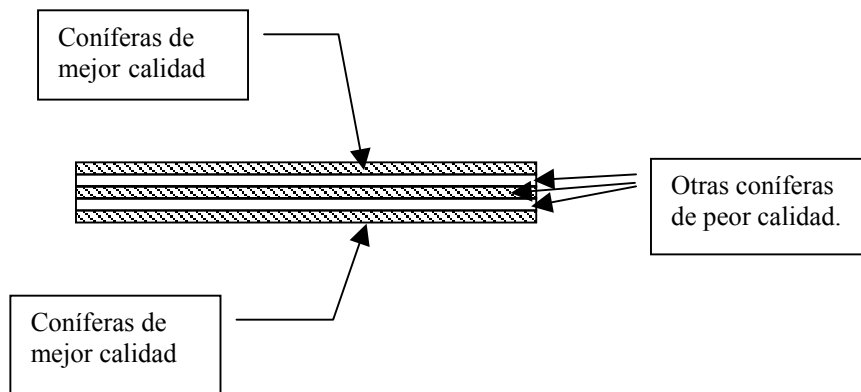
Tableros CANPLY <sup>1320</sup>		
Espesor	Nº de chapas	
	DFP	CSP
7,5	3	3
9,5	3	3
12,5	4	4
	5	5
15,5	4	4
	5	5
18,5	5	5
	6	6
	7	7
20,5	5	5
	6	6
	7	7
22,5	6	6
	7	7
	9	9
25,5	7	7
	9	9
28,5	9	9
31,5	9	9
	11	11

- Tableros CSP (Canadian Softwood Plywood):
  - También denominados CANPLY EXTERIOR CSP.
  - Resto de coníferas canadienses para desenrollo, en las chapas de cara y contracara.
  - En las chapas interiores la variedad es mayor:

CANPLY EXTERIOR CANADIAN SOFTWOOD		
CARAS	CHAPAS INTERIORES	CONTRACARAS
Western Hemlock True Fir Stika Spruce Western White Spruce Western Larch Lodgepole Pine	Douglas Fir Western Hemlock True Fir Stika Spruce Western White Spruce Western Larch Western White Pine Ponderosa Pine Lodgepole Pine	Western Hemlock True Fir Stika Spruce Western White Spruce Western Larch Lodgepole Pine
	Trembling Aspen Balsam Poplar	

- Cumplen la norma canadiense CSA 0151-M1978 Canadian Softwood Plywood.

<sup>1320</sup> “CANPLY Plywood Design Fundamentals”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, págs. 16-17.



○ Tableros Poplar:

- También denominados CANPLY EXTERIOR Poplar.
- Fabricados con álamo: Trembling Aspen y Balsam Poplar.<sup>1321</sup>
- Cumplen la norma canadiense CSA 0153-M1908 Poplar Plywood.

- **Tableros contrachapados RECUBIERTOS (Overlaid plywood):** A todos esos tableros se les puede recubrir en una o dos de sus caras y así mejorar la apariencia y durabilidad del tablero. Los recubrimientos se adhieren a las caras por medio de calor y temperatura. Este proceso sella el recubrimiento a la madera para formar una unión inseparable más fuerte que la propia madera. El contenido de resina del recubrimiento determina si el tablero se denominará de alta densidad (High Density Overlay, HDO) o de media densidad (Medium Density Overlay, MDO). **Tableros MDO:** La resina que impregna sus caras presenta una superficie lisa y uniforme diseñada para acabados pintados de alta calidad. Muy duradera. Se fabrica con su color y brillo natural y con ciertos colores. Se usa en pisos, recubrimientos superpuestos, embarcaciones, señales de tráfico, etc.

**Tableros HDO:** La resina que impregna la cara es dura, lisa y resistente químicamente. No es necesario un acabado con pintura o barniz. El recubrimiento se suele fabricar en un color semiopaco blanquecino pero pueden utilizarse otros colores. Se usa en encofrados de acabado fino, cajas de almacenamiento, tanques para líquidos y en señales.

<sup>1321</sup> Véase cuadro anterior Canply Exterior Canadian Softwood.

- **Tableros contrachapados machihembrados T&G:** Otros tableros derivados del CANPLY EXTERIOR y usados en la construcción (cubiertas, suelo, forjados, fachadas, etc.) son los tableros COFI-ROOF y COFI-FLOOR, cuyos cantos están mecanizados, por medio de acoplamientos Tongue & Groove (T&G), para poder efectuar los ensamblajes.<sup>1322</sup> Estos dos sistemas están patentados por Canply y se fabrican con el nombre de “Easy T&G” y son específicos para techos (Roof) y para suelos (Floor). Sus dimensiones son 15 mm menores que las de los otros tableros por el mecanizado producido en ellos. Sus grosores van de los 17 mm a los 30 en los tableros lijados y de los 12,5 mm a los 31,5 mm en los recubiertos.
  
- **Tableros especiales para encofrado: COFIFORM Y COFIFORM-PLUS:**
  - Todos los tableros con la marca CANPLY EXTERIOR son susceptibles de utilizarse para encofrados porque llevan un adhesivo resistente al agua. Estos tableros pueden comercializarse con los cantos sellados, tratados contra agentes químicos y con recubrimientos de fibras celulósicas impregnadas en resinas.
  - Tableros de altas prestaciones, muy adecuados para altas resistencias y situaciones de extrema humedad.
  - Especies utilizadas: Douglas-Fir.
  - Según Aitim «El COFIFORM-PLUS es el producto de mayor rigidez y resistencia fabricado por los miembros de COFI. Dependiendo de las condiciones de trabajo y a igualdad de espesor el tablero COFIFORM-PLUS alcanza capacidades resistentes entre un 20 y un 40% superiores a los tableros tradicionales COFI fabricados también con Douglas-Fir»<sup>1323</sup>

---

<sup>1322</sup> Para ver el aspecto de esos cantos vid. el capítulo correspondiente a Estereotomía de la madera, en el punto correspondiente a acoplamientos en la formación de tableros, donde se ofrece una muestra de estos dos acoplamientos.

<sup>1323</sup> “Especial Canadá”, Aitim. *Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 71. Véase también “CANPLY Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 6.

Dimensiones y espesores de los tableros CANPLY:

Dimensiones y espesores			
Espesores de CANPLY EXTERIOR (mm)		Dimensiones de CANPLY EXTERIOR	
Calidades lijadas	Recubrimiento externo y calidades selectas <sup>1324</sup>	Longitud (mm)	Anchura (mm)
6	7,5	Disponible por encima de 2500	Disponible desde 600 a 1250
8	9,5		
11	12,5		
14	15,5		
17	18,5		
19	20,5		
21	22,5		
24	28,5		
27	31,5		
30			

Peso de los tableros CANPLY <sup>1325</sup>		
Grosor del tablero	Promedio de pesos (KG)	
	DFP (Douglas Fir plywood)	CSP (Canadian Softwood plywood)
7,5	11,2	10,0
9,5	14,1	12,7
12,5	18,6	16,7
15,5	23,1	20,8
18,5	27,5	24,8
20,5	30,5	27,5
22,5	33,5	30,1
25,5	38,0	34,2
28,5	42,4	38,2
31,5	46,9	42,2

- **Maderas Medina, S.A.: (También importador de tableros APA).**
- Contrachapado "Plywood pino tea":
  - Normal: 2,44 x 1,22 m en 9 y 12 mm.
  - Ranurado: 2,44 x 1,22 m en 9 y 12 mm.
  - Ranurado exterior: 2,44 x 1,22 m en 15 mm.
  - Machihembrado: 2,44 x 1,22 m en 18 mm.

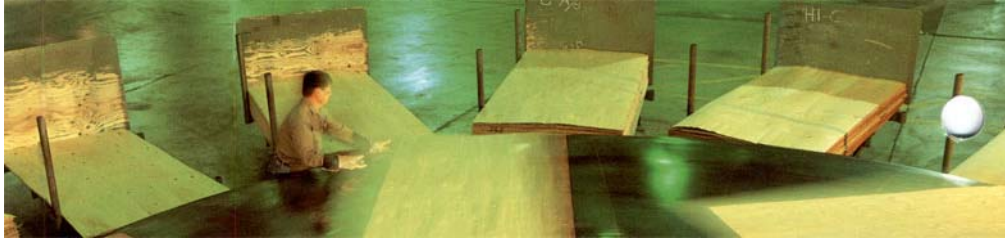
<sup>1324</sup> El hecho de que estos grosores sean 1,5 mm mayores que los de los tableros simplemente lijados se debe evidentemente a la suma del/los grosor/es del/los recubrimiento/s de la/s cara/s.

<sup>1325</sup> "CANPLY Plywood Design Fundamentals", Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, Nov. 1999, pág. 9.

- **Ainsworth Lumber Co. Ltd.**

**Pourform HDO<sup>®</sup>** (High Density Overlay<sup>1326</sup> Concrete-Forming Panels).

Es un tablero expresamente diseñado para proporcionar una excepcional resistencia, rigidez y estabilidad dimensional.



Chapas Pourform HDO.

Cortesía de Ainsworth Lumber Co. Ltd

Usado para encofrados.

La especie usada es Douglas fir (Pino Oregón), elegida por su apretado grano.

Tienen una excepcional dureza, resistencia a la abrasión y a la humedad, una superficie especialmente diseñada para proporcionar el mayor número de reutilizaciones.



Cara y perfiles del tablero Pourform HDO de Ainsworth Lumber Co. Ltd. Canadá.

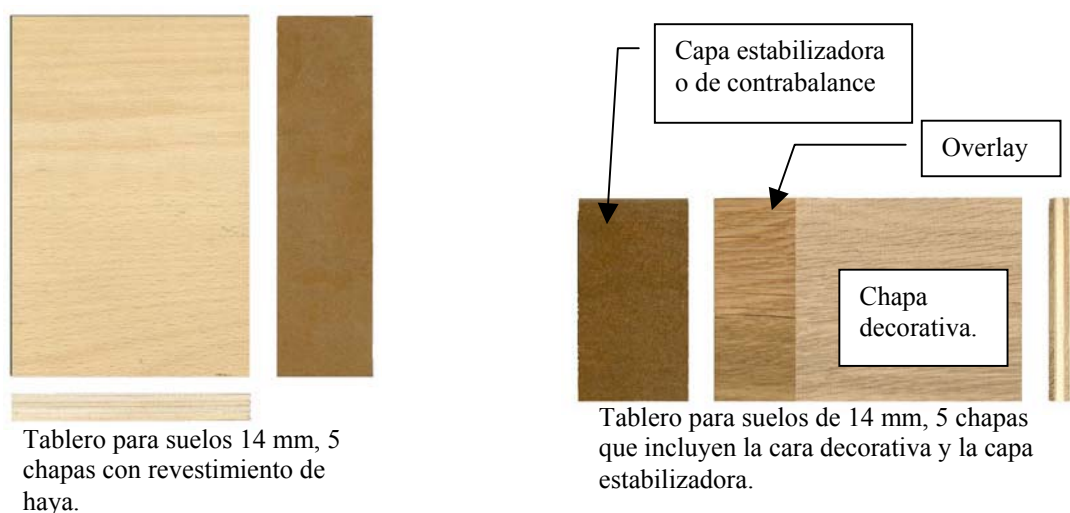
<sup>1326</sup> Habitualmente el laminado plástico se compone de diferentes capas: La primera que vemos es una lámina transparente que recubre todo el tablero y que recibe el nombre de *Overlay*. Es el encargado de proporcionar resistencia superficial contra abrasión, rayado, etc., por medio de la inclusión de cristales de alúmina (óxido de aluminio o corindón). A veces para contrarrestar tensiones se aplica también un *underlay* debajo del papel decorativo. Inmediatamente después de ella aparece un papel, decorativo o no, es decir con dibujos impresos. Después vemos una o más capas de papel Kraft impregnado en resinas de melamina, normalmente, que proporcionan resistencia al impacto y por último una capa de papel llamada *Capa de Contrabalance* [también se le denomina *Capa Estabilizadora*], cuya misión es contrarrestar las tensiones producidas por las otras capas, para evitar la deformación del conjunto laminado (habitualmente se parte de un tablero resistente a la humedad al que se le encola, con PVA (150-200 gr/m<sup>2</sup>) o adhesivos de urea-formaldehído, la capa decorativa, luego la de contrabalance y por último el overlay). Posteriormente el conjunto se unifica por medio de la acción combinada de presión y calor. Según se realice la presión, los revestimientos reciben distintas denominaciones: HPL (High Pressure Laminate) o laminados de alta presión; CPL (Continuos Pressure Laminate) o laminados de baja presión en continuo y DPL (Direct Pressure Laminate) o laminados de presión directa. El prensado se realiza por medio de una prensa de platos calientes a más de 200°. A los cantos se les aplica un sellante a base de resinas de poliuretano para evitar la absorción de humedad. (Gonzalo Medina, “Suelos laminados”, *Aitim*, n° 207, Sept-oct, 2000, Aitim, Madrid, pág. 40-45). Los datos varían según productos y fabricantes: con presiones de 100 Kg/cm<sup>2</sup> a 130° C, hay que mantener el conjunto durante una hora en la prensa múltiple. El grosor de las hojas oscila entre 0,6 y 1,2 mm. También pueden utilizarse adhesivos de contacto, con presiones inferiores a los 5 Kg/cm<sup>2</sup>. Si se utiliza PVAc se pensará durante 5-10 minutos en la prensa de platos calientes con un presión de 1-5 Kg/c.m<sup>2</sup> (José Luis Jiménez, “Paneles recubiertos de laminado de alta presión”, *Aitim*, n° 209, ene-feb, Aitim, Madrid, 2001, págs. 81-83).

El recubrimiento de alta densidad (HDO) protege el sustrato de madera de los rigores de su puesta en la construcción, incluida su exposición al agua y a soluciones alcalinas.

Dicho recubrimiento hace más fácil desmoldar el panel de la superficie de hormigón. Esta característica hace de este panel un material idóneo para fabricar encofrados para la construcción de moldes.

El recubrimiento uniformiza de tal manera la superficie que la textura de la chapa y sus posibles defectos quedan totalmente minimizados y no se transfieren en su utilización en encofrados. Este recubrimiento posee un alto contenido de resina que produce una superficie brillante al desencofrar.

Recomendable usar sierras de carburo de tungsteno para el corte.



Después del corte, sellar los cantos del panel con un sellador de base solvente o pintarlos para prevenir la absorción de humedad y prevenir la hinchazón.

Empastar las juntas entre paneles con una cinta apropiada o un calafateo (relleno) extensible para prevenir la fuga del hormigón por la junta.

Después de cada uso limpiar los paneles con rascadores de madera o de plástico, cepillos o escobas duros.

La reparación de la superficie dañada se realiza con masillas de poliuretano, epoxy o poliéster o con materiales para parchear.

Estos paneles no vienen tratados de fábrica con ningún agente de descarga. Pero si se les aplica uno como Nox-Crete™ Form Coating antes de usarlos facilita el desmoldeo.

Dimensiones:

- Standard: 1220 x 2440 mm.
- Opcional: 1220 x 2745 mm y 1220 x 3050 mm.

Grosor: Entre 9,5 mm (3/8") y 35,0 mm (1 3/8")

Terminación de los bordes: los bordes huecos se empastan con un compuesto plástico desarrollado expresamente para estos paneles. Estos bordes son sellados con un sellante de base disolvente.

Recubrimiento: Estos paneles están revestidos de una hoja de fibra de celulosa impregnada con resina fenólica coloreada de amarillo brillante, unida a la cara del panel mediante alta temperatura ya presión, formando, así, una superficie dura y duradera.

Las configuraciones standard pueden ser:

- Dos caras buenas (dos caras de trabajo) 120/120 o 100/100.
- Una cara buena (una cara de trabajo) 120/30 o 100/30 producidas con una o dos capas de HDO según preferencias del consumidor. Todos los paneles de una cara buena tienen una hoja de HDO, en la cara trasera, para equilibrar el panel y reducir la penetración de humedad.

El overlay resiste severas exposiciones sin requerir ningún acabado final. El brillante color amarillo se oscurece bajo la exposición de radiación ultravioleta.

Otros usos: Aplicaciones industriales, agrícolas, estanterías, mesas de trabajo.

Características:

No se ampolla, ni pela, ni se oxida, ni se pudre, ni se corroe.



Resiste el contacto continuo con ácidos diluidos, álcalis, químicos orgánicos y muchas sales neutras y ácidas.

Contenido de resina: 52%.

Peso medio: 181 g/m<sup>2</sup>.

Espesor nominal: 0,20 mm (0,008").

Espesor nominal después del prensado: 0,13 mm (0,005").

Estos paneles se fabrican bajo certificación de APA, The Engineered Wood Association.

Normas:

- Canadá: CSA-0121M-1978.
- US: PSI-95 Structural 1 (or Class 1).
- UK: BS-5268: Part 2: 1988.
- Japan: JAS Class II Spec. (Structural).

JAS Concrete Form pending.

***Pourform-107***<sup>®</sup> [Medium Density Overlay (MDO) Concrete-Forming Panels].

Es el panel MDO para encofrados más fiable y popular en el mundo. Es un panel excepcionalmente duro con recubrimiento de resina impregnada. Es un panel garantizado contra la delaminación y defectos de manufactura. Especialmente diseñado para proporcionar una excepcional fuerza, rigidez y estabilidad dimensional para los encofrados.

La especie usada es Douglas fir (Pino Oregón), seleccionada por su apretado grano.



Prensa para tableros  
Pourform-107.  
Cortesía de Ainsworth  
Lumber Co. Ltd.



Cara, contracara y perfiles del tablero  
Pourform-107 de Ainsworth Lumber Co. Ltd.  
Canadá.

Es duro, su superficie es resistente a la abrasión, a la humedad y está especialmente diseñada para proporcionar el mayor número de puestas.



Contrachapado MDO coated.  
Muestra remitida por CANPLY  
(anteriormente COFI).

Está diseñado con el mayor porcentaje de resinas libres de flujo en cualquier panel disponible.

No se deteriora por el prolongado contacto con el cemento húmedo y es fácil de desencofrar.

El recubrimiento de densidad media minimiza la transferencia de la textura de la chapa y sus posibles defectos quedan totalmente minimizados y no se transfieren en los

encofrados.

El alto contenido en resina del panel produce en el hormigón una apariencia de manta uniforme.

Recomendable usar sierras de carburo de tungsteno para el corte.

Terminación de los bordes: los bordes huecos se empastan con un compuesto plástico desarrollado expresamente para estos paneles. Estos bordes son sellados con un sellante de base disolvente.

Empastar las juntas entre paneles con una cinta apropiada o un calafateo (relleno) extensible para prevenir la fuga del hormigón por la junta.

Después de cada uso limpiar los paneles con rascadores de madera o de plástico, cepillos o escobas duros.

La reparación de la superficie dañada se realiza con masillas de poliuretano, epoxy o poliéster o con materiales para parchear.

El panel sale de la factoría cubierto. Es recomendable que cada panel sea cubierto ligeramente con un agente químico activo basado en petróleo como Nox-Crete™ Form Coating o un equivalente, cada vez que se use.

Dimensiones:

- Standard: 1220 x 2440 mm.
- Opcional: 1220 x 2745 mm y 1220 x 3050 mm.

Grosor: Entre 9,5 mm (3/8") y 35,0 mm (1 3/8")

Terminación de los bordes: los bordes huecos se empastan con un compuesto plástico desarrollado expresamente para estos paneles. Estos bordes son sellados con un sellante de base disolvente.

Recubrimiento: Estos paneles están revestidos de una única hoja de fibra de celulosa impregnada con resina fenólica coloreada de verde, unida a la cara del panel ( en las dos caras es opcional) mediante alta temperatura ya presión, formando, así, una superficie dura y duradera.

No se ampolla, ni pela, ni se oxida, ni se pudre ni se corroe.

Resiste el contacto continuo con ácidos diluidos, álcalis, químicos orgánicos y muchas sales neutras y ácidas.

Panel útil cuando va a mecanizarse con herramientas ordinarias.

Este recubrimiento permite el doblado del panel sin sufrimiento por daños mecánicos, lo que de otra manera ocurriría con superficies más frágiles.

Características:

Contenido de resina: 35%.

Peso medio: 338 g/m<sup>2</sup>.

Espesor nominal: 0,20 mm (0,008”).

Espesor nominal después del prensado: 0,40 mm (0,016”).

Estos paneles se fabrican bajo certificación de APA, The Engineered Wood Association.

Normas:

- Canadá: CSA-0121M-1978.
- US: PSI-95 Structural 1 (or Class 1).
- UK: BS-5268: Part 2: 1988.
- Japan: JAS Class II Spec. (Structural).

JAS Concrete Form pending.

- **Contrachapados Sopegar:**<sup>1327</sup>

Sopegar es una fábrica de contrachapado que forma parte del grupo Joubert en Francia.<sup>1328</sup>

Productos acreditados por las marcas de calidad:

- NF Extérieur CTBX n° 44 y48, controlada por los laboratorios franceses del Centre Technique du Bois et de L'Ameublement (CTBA).

---

<sup>1327</sup> Puede consultarse literatura técnica del grupo Joubert: “Contrachapados Sopegar”, “Okoume sélection”, “Joubert primed” y “Joubert paint”, Saint-Jean d’Angély Cedex, France, 2000.

<sup>1328</sup> El grupo Joubert se compone de dos unidades de fabricación de tableros: Joubert en Rouillac y Sopegar en Saint-Jean d’Angély.

- KOMO Produkt Certificaat nº 3262-1/95 y nº 3262-2/95, controlada por los laboratorios holandeses del SKH.

Se seleccionan los troncos de Okoume (Árbol de la luz) en las selvas de Gabón. (*Aucouméa Klaineana Pierre*).

También utilizan el Igaganga, el Cálabo y el Chopo.

El Okoume es apreciado por su resistencia a las exigentes condiciones climáticas.

Características:

Densidad: 500 Kg/m<sup>3</sup>.

Alta resistencia mecánica.

Excelente calidad al corte y taladrado.

Encolado: (Según la EN 314-2)

- Interior. Clase 1.
- Exterior melamínico. Clase 2.
- Exterior fenólico. Clase 3.

Calidad de las caras: (Según La EN 635-2)

B/B	II/II
B/BB	II/III
BB/BB	III/III
BB/C	III/IV

Dimensiones:

Dimensiones(mm)	
Longitud	Anchura
250	122
	153
	170
	183
255	170
310	122
	153
	183

Grososres:

Grososres (mm)														
4	5	6	8	10	12	15	18	19	20	22	25	30	35	40

Tableros:

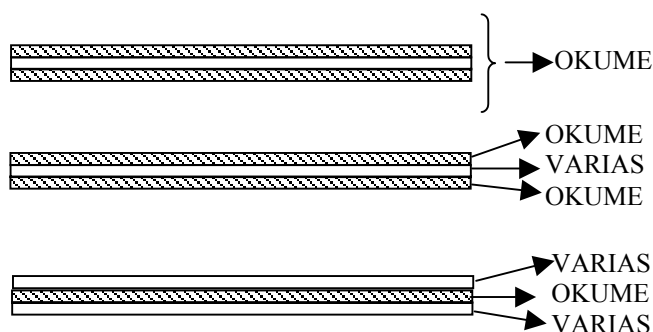
Tableros		
Gama para España	Okouplex:	Okoume 100% con caras II/III.
		Encolado: Clase 1, clase 2 y clase 3.
		Usado en la construcción.
	Combiplex	Okoume, caras II/III.
		Interior Combi, encolado clase 1, clase 2 y clase 3.
		Para todos los usos.
	Ilomba Selection	Caras de Cálabo II/III.
		Interior Combi, encolado clase 1.
		Muy apreciados por carpinteros y en bricolaje.
	Joubert Panofeu Securite M1	Tableros ignífugos M1.
		Aprobación del laboratorio francés CSTB-PV nº 94.37990 y 95.40818.
		Encolado interior
Contrachapados de carpintería	Eyong Agencement	Caras de Eyong II/III (Pino africano).
		Interior Combi, encolado clase 1.
		Utilización en interiores.
	Peuplier Agencement	Chopo 100%.
		Caras II/III.
		Encolado clase 1.
		Madera clara y ligera.
Contrachapados para la construcción	Okoume Bardage	Okoume 100%
		Caras II/III.
		Encolado clase 3
		Fabricación de fachadas.
		1ª chapa bajo la cara está seleccionada.
	Joubert Garant	Okoume 100%.
		Caras II/III.
		Encolado clase 3
		Todas las chapas seleccionadas para obtener un tablero de alta calidad.
		Para las aplicaciones más exigentes.
	Okoume Selection	Okoume 100%.

Tableros		
		Caras II/III.
		Encolado clase 2 y clase 3.
		Gruesos: 25/30/35 y 40 mm.
		1ª chapa bajo la cara está seleccionada.
		Carpintería exterior.
	Joubert Paint	Taleros Garant cubiertos con una hoja de melamina blanca en las dos caras.
		Encolado clase 3.
		Tableros para ser pintados.
		Tableros de alta gama para ser utilizados en exteriores
	Joubert Primed	Todo okoume o combi.
		Caras con una primera capa de pintura acrílica de 80 micras de espesor.
		Encolado clase 3.
		Destinado a ser pintado.
	Okoume Rainure	Okoume 100%.
		Caras II/II
		Tablero ranurado decorativo.
		Carpintería.

Contrachapado técnico	Technokoume	Okoume 100%.
		Interiores chapas delgadas.
		Encolado clase 1 y 3.
		Alta resistencia mecánica.
		Buen aspecto de los cantos.
		Industria y fabricación de cocinas.
	Stark	Igaganga 100%.
		Encolado clase 3
		Alta resistencia mecánica.
		Uso industrial. Carrocería.
	Super Stark	Igaganga 100%.
		Chapas delgadas.
		Encolado clase 3.
		Altísima resistencia mecánica por la alta densidad del Igaganga y las finas chapas.
Contrachapado marino	Marine Ply	Okoume 100%. Muy apreciado en el sector náutico.
		Chapas seleccionadas.
		Caras II/II.
		Encolado clase 2 y 3.
	Super Marine Ply	Es un Marine Ply con chapas delgadas.
		Alta resistencia mecánica.
	Sapelli Marine	Con caras de sapelli desenrollado II/II. Interior de Okoume.
		Encolado clase 2.
		Calidad estética del sapelli.

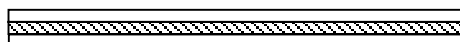
- **Otros.**

España, en 1955<sup>1329</sup>: (3 mm, 1 mm por chapa). Se usaba, principalmente, el Okume, pero también otras especies “varias”, como: Asia, Samanguilla, Afó, Abebay.



Tablero utilizado para maquetas, miniaturas, marquetería, etc.

- Tablero de 3 mm. de espesor, de 1,22 x 2,44m. y 1,22 x 2,50 m.
- Dos combinaciones:
  - Calabó-chopo-calabó.
  - Fromagel-chopo-fromagel. (El fromagel es una especie de poca consistencia)



En marquetería suele utilizarse tablero de abedul y arce.

*Contrachapados usados en aeromodelismo.*

Contrachapado de una, dos, tres, cinco, siete o nueve finísimas planchas u hojas, sometiénolas después a presión.

El contrachapado se puede adquirir en el comercio, con los siguientes grosores:<sup>1330</sup>

0,2	0,4	0,6	0,8
1,0	1,2	1,5	1,8
2,0	2,5		
3,0			
4,0			
5,0 mm...			

<sup>1329</sup> “La industria del tablero español contrachapado”, *Montes*, año XI, nº 65, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Sept-Oct, 1955, pág. 391-392.

<sup>1330</sup> W. Dollfus y, A. Degen, *Aeromodelismo* (técnica de la construcción y vuelo de aeromodelos), 2ª edición, Ed. Hispano europea, Barcelona, 1960.



- **Empresas importantes del sector.**

- Latvija Tinieris (Letonia).
- Allin SA (Francia).
- Panguaneta (Italia).
- Blomberger Holzindustrie (Alemania).
- Finnforest Oy (Finlandia).
- Coblo (Bélgica).
- Valmet Panelboard.

### 7.3.1.2 Tablero laminado.

Otras denominaciones: **Tablero a la veta. Contrachapado al hilo. Contrachapado a la veta. Madera en chapas de fibras paralelas. Chapas de madera sin prensar de fibras paralelas. Chapeado de fibras paralelas.**

#### 7.3.1.2.1 Definición.

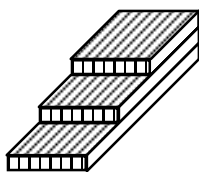
Llamamos tablero laminado a

aquel tablero que

realmente

constituye una de

las excepciones al



Tablero laminado de 8 mm, 6 chapas.

método tradicional de construcción de

tableros de modo transversal<sup>1331</sup>, es decir, están formados por chapas de madera pero todas ellas tienen sus fibras paralelas entre sí. En este tipo de tableros todas las fibras de las chapas tienen la misma orientación (la misma dirección.)

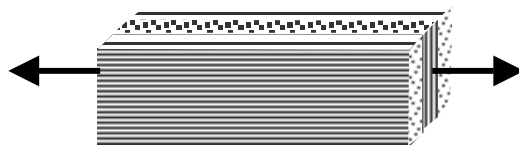
Según la DIN 4076 se denominan tableros SCH (chapas de madera sin prensar de fibras paralelas)<sup>1332</sup>. Los más comunes, según Kollmann, eran: SCH-T-BU-15 y SCH-T-BU-45.<sup>1333</sup>

<sup>1331</sup> Otra excepción importante son los contrachapados estrellados.

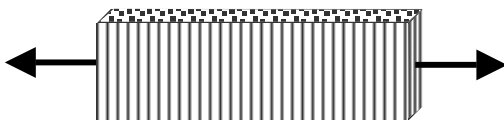
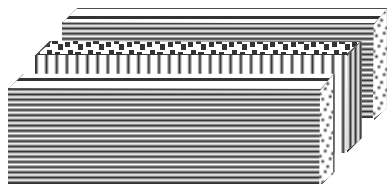
<sup>1332</sup> Según la norma DIN 4076 estos tableros se fabricaban superponiendo varias hojas con las fibras en la misma dirección (en casos especiales, cada 10 hojas se intercala una con las fibras cruzadas) encolándolas con adhesivos a base de resinas sintéticas y sometiendo el conjunto a presiones de 15 a 25 Kg/cm<sup>2</sup>. Si las presiones aumentaban de 50 a 200 Kg/cm<sup>2</sup> se conseguían densidades cerca de 1400 Kg/m<sup>3</sup>. La denominación que recibían (según la DIN 4076) era la de tableros PSCH.

<sup>1333</sup> En las normas DIN se utilizan abreviaturas para las especies, por ejemplo: para el haya roja se usa BU, para el abedul BI, para el aliso ER.

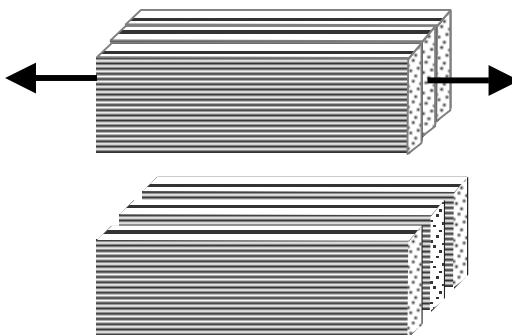
Este tipo de tablero surge de la necesidad que se tenía en la construcción de conseguir tirantes de madera que tuvieran las ventajas de los contrachapados y sin los movimientos resistentes del mismo: poca resistencia a los esfuerzos de tracción, debido a que tienen chapas con la veta en dirección perpendicular a esos esfuerzos.<sup>1334</sup> Es un tablero muy apto para el trabajo a flexión.



En este caso sólo 2 de las 3 chapas resisten el esfuerzo, es decir 2/3 partes del total, por tener sus fibras paralelas al esfuerzo.



En este caso, las fibras forman 90° con el esfuerzo y es más fácil separarlas.



Aquí todas las chapas resisten el esfuerzo pues todas sus fibras están orientadas paralelamente a él, consiguiendo mayor resistencia.

### 7.3.1.2.2 Proceso de fabricación.

Se fabrica, como hemos dicho anteriormente, superponiendo varias hojas con las fibras en la misma dirección<sup>1335</sup> encolándolas con resinas fenólicas y sometiéndolas posteriormente a presiones de 30 kg/cm<sup>2</sup>. En esta compresión estriba la diferencia con la madera laminada y comprimida

<sup>1334</sup> Nájera y Angulo, op. cit., pág. 100.

<sup>1335</sup> “En casos especiales, cada 10 hojas se intercala una con las fibras cruzadas” [*Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978., pág. 111].

(lignofol), ya que en ésta última las presiones, más comunes, son de 140 kg/cm<sup>2</sup> y unas temperaturas de 160° C, durante unos minutos.<sup>1336</sup>

En el proceso de fabricación del tablero laminado se tiende a mejorar una serie de propiedades de la madera maciza sin modificar su estructura fibrosa, pero parece que está en seria contradicción con la teoría que hizo posible la aparición del tablero contrachapado:

Requiere este sistema una aclaración respecto a la disposición de las chapas, ya que hemos visto van encoladas con las fibras en el mismo sentido, y esto, al parecer, está en contradicción con la teoría en que se apoya el tablero contrachapado, y, por consiguiente, que quedaría sin corregir el movimiento de la madera en esta nueva manufactura.

Esto sería cierto si las chapas y colas empleadas fuesen análogas a las que se emplean en la fabricación de los tableros contrachapados. [Ahora bien, en este caso se utilizan adhesivos sintéticos que forman una lámina continua e inalterable por la humedad. Las chapas tienen un espesor de 0,3 mm y las láminas de cola realizan la misma función de sujeción que las chapas de fibra cruzada. Estas chapas quedan bien sujetas por la penetración de la cola durante el prensado y fraguado]. Con ello se logra una verdadera *bakelización* de las superficies de encolamiento.<sup>1337</sup>

Su densidad (0,80) no es tan alta como en el lignofol, pero puede llegar hasta la mitad más alta que la madera natural de la que se obtienen las chapas porque se adhieren con resina fenólicas<sup>1338</sup> y se comprimen un poco dichas fibras durante el prensado.

#### - **Obtención de las chapas.**

Se obtienen por corte continuo en redondo.

Es el mismo sistema usado para obtener las chapas utilizadas para formar los tableros contrachapados, por ello no vamos a insistir en ofrecer más detalles.

Sólo diremos, a modo de curiosidad que, por ejemplo, de 1 m<sup>3</sup> de rollizo de madera de haya roja se puede obtener de 0,40 a 0,60 m<sup>3</sup> de chapa<sup>1339</sup>.

---

<sup>1336</sup> Las presiones oscilan de 50 a 200 Kg/cm<sup>2</sup> y consigue un peso específico de 1,4.

<sup>1337</sup> Nájera y Angulo, págs. 100-101.

<sup>1338</sup> Las resinas fenólicas (baquelita, por ejemplo) suelen tener una densidad entre 1,25 y 1,35.

<sup>1339</sup> *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978., pág. 111.

- **Especies.**

Especies homogéneas como el haya.



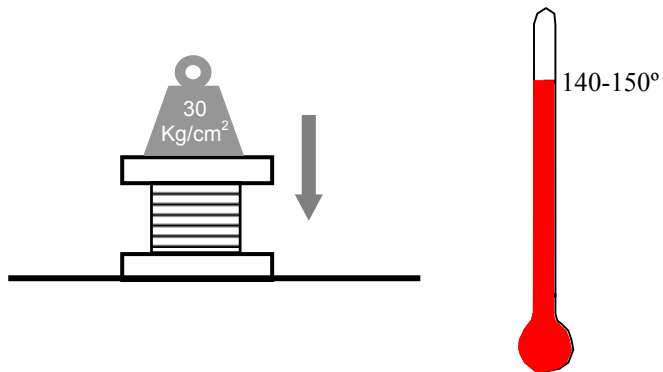
- **Grososres.**

Suelen estar Tablero de 8 mm, 5 chapas en madera de haya.  
formados por chapas de 0,25 ó 0,30 mm de grosor hasta 1,00 mm.

Los tableros contrachapados suelen tener unos grososres máximos estandarizados de 32 mm (aunque se puedan fabricar superiores) en tanto que este otro material suele tener grososres nominales de 12 mm.<sup>1340</sup>

- **Colas, encolado y prensado.**

Habitualmente se utilizan colas de fenol-formaldehído y se someten posteriormente a compresiones en prensas a temperaturas de 140 a 150°C y presiones de hasta 30 kg/cm<sup>2</sup>.



**7.3.1.2.3 Usos o aplicaciones.**

Una de sus aplicaciones más importantes fue la construcción de aviones y dado que resisten bien la humedad sin deformaciones, se usa mucho en ingeniería naval.

Según Jackson «se utiliza para sustituir a la madera maciza en los elementos de los



Tablero de 8 mm, 7 chapas de madera de haya.

<sup>1340</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 35.

cajones».<sup>1341</sup>

Según Hugh, «Para la impresión manual [en xilografía] se emplearon bloques de madera laminada formada por capas de árbol frutal (generalmente peral) y de plátano o falso plátano».<sup>1342</sup>



Unión de canto de tableros laminados.

Suele utilizarse en el deporte: a veces sustituye a la madera maciza de fresno en la fabricación de bates de béisbol. En el tenis empezaron a desarrollarse las técnicas de laminado en 1930. En el golf la cabeza del palo puede ser de madera laminada de arce.

Aunque en el tenis de mesa se prefiera contrachapado taladrado, de grano entrecruzado, pues aquí el choque que se produce con la pelota no es violento.

En esquí se usa junto con laminados de resinas sintéticas.

Con resinas de poliuretano se utiliza para la fabricación de las famosas ventanas Velux (presentada en 1990). Se trata de tablero laminado recubierto por moldeo de poliuretano de densidad 1 – 1,2.

En el tiro con arco también está presente con maderas como el hickory, madera de duramen verde, degamé, madera de serpiente, fustete y tejo.<sup>1343</sup>

Dado que trabaja muy bien a flexión, con grosores menores (8 mm), se utiliza para fabricar lamas de somier, escuadras para estantes, tiradores, etc.

#### **7.3.1.2.4 Características y propiedades.**

Este tipo de tablero ofrece las mismas ventajas que otras maderas en chapas<sup>1344</sup> pero con la diferencia de que en la dirección de las fibras aumenta su capacidad resistente, frente al contrachapado, al estar todas sus fibras orientadas en la misma dirección.

---

<sup>1341</sup> Albert Jackson & David Day, pág. 35

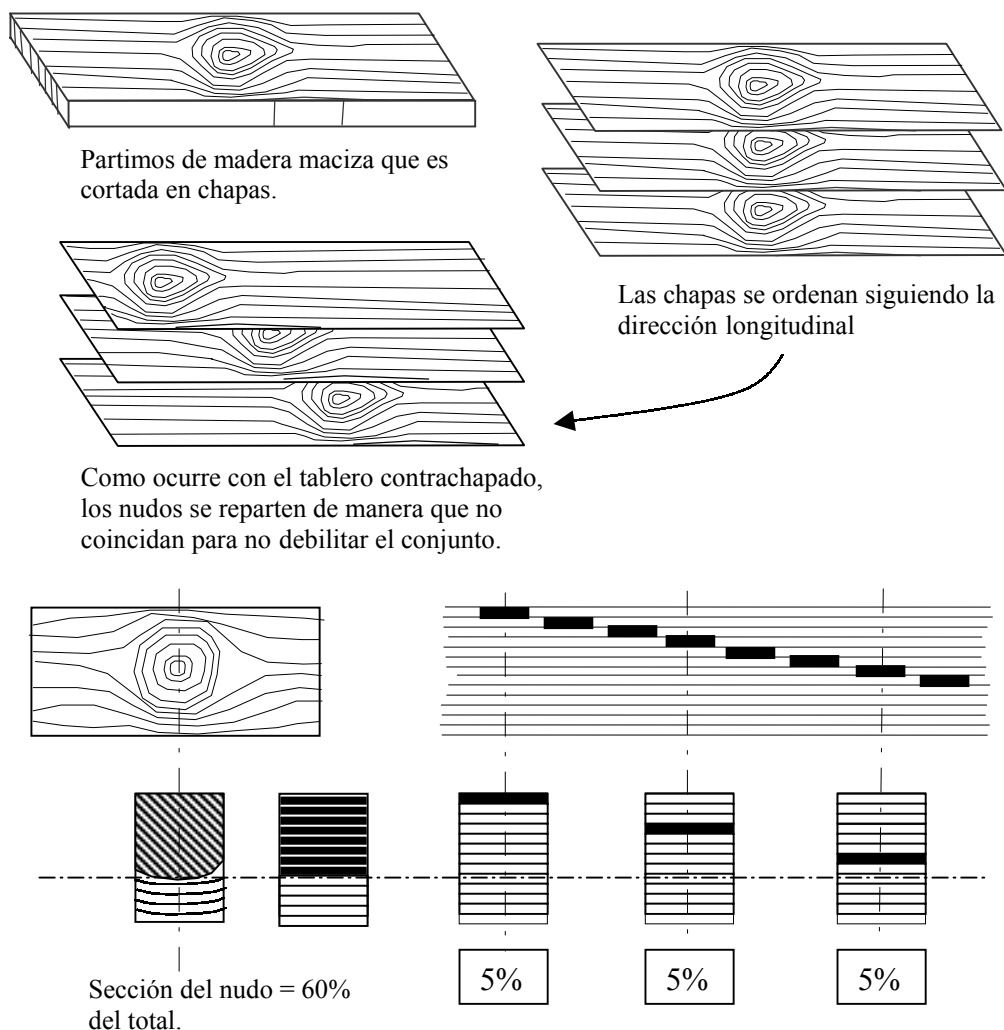
<sup>1342</sup> Hugh Johnson, op. cit., pág. 204.

<sup>1343</sup> Ídem, págs. 208 a 210.

<sup>1344</sup> Seguridad de valores para los cálculos, eliminación de los efectos de defectos como los nudos, reducción de la higroscopicidad y por ello de las deformaciones por hinchazón y compresión, etc. Sus coeficientes de resistencia mecánicas son más uniformes, y superiores a la madera maciza de idéntica especie.

Una de sus principales características es que se puede planificar la construcción del tablero o de los listones, etc. que podamos construir, es decir, si queremos que no posea algunos defectos de la madera natural, o que los tenga amortiguados, tales como nudos, grietas, etc. Todo esto se consigue sencillamente si colocamos racionalmente las chapas y repartimos adecuadamente los defectos para aminorar sus consecuencias, es decir, que hacemos desaparecer la discontinuidad de la fibra en la zona de los nudos, o la minimizamos.

#### Reconstrucción a partir de un esquema de Nájera.<sup>1345</sup>



El esquema anterior muestra la reducción de los efectos de un nudo, mediante la colocación especial de las chapas, en la madera laminada. (Pág. 107). Vemos que el nudo, en la madera maciza de la que se van a obtener las chapas, ocupa un 60% del grosor total. Si las chapas se volvieran a organizar de la misma manera debilitarían esa zona de la pieza. Al repartir el nudo en distintas posiciones, sólo llega a debilitar (su influencia sobre la sección) en un 5% la zona de la pieza que ocupa. Se dan, pues, más zonas débiles pero sin importancia en cuanto a la resistencia.

<sup>1345</sup> Nájera y Angulo, op. cit., pág. 107.

### 7.3.2 TABLEROS AGLOMERADOS DE PARTÍCULAS DE MADERA.<sup>1346</sup>

Otras denominaciones: Tableros aglomerados de astillas. Tableros aglomerados.<sup>1347</sup> Conglomerados. Tableros conglomerados. Tablero de partículas. Tableros de conglomerante plástico.<sup>1348</sup> Tablero de capas. Tablero prensado. Chipboard<sup>1349</sup>. Woodchipboard.<sup>1350</sup> Particle board<sup>1351</sup> (PB). Tablero comprimido. Tablero de madera aglomerada. Paneau agglomerés.<sup>1352</sup> Madera reconstituida.<sup>1353</sup> Wood waste board.<sup>1354</sup> Tablero aglomerado de residuos. Chipcore™ y Chipkraft™. Tablero múltiple (multilayer board).<sup>1355</sup>

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE 56303: 1999 EX: *Tableros derivados de la madera. Valores característicos para el cálculo estructural.*
- UNE-EN 309:1994. *Tableros de partículas. Definición y clasificación.*
- UNE-EN 311:1993. *Tableros de partículas. Arranque de la superficie de los tableros. Métodos de ensayo.*
- UNE-EN 312-1:1997. *Tableros de partículas. Especificaciones. Parte 1: Especificaciones generales para todos los tipos de tableros.*
- UNE-EN 312-2:1997. *Tableros de partículas. Especificaciones. Parte 2: Especificaciones de los tableros para uso general en ambiente seco.*
- UNE-EN 312-3:1997. *Tableros de partículas. Especificaciones. Parte 3: Especificaciones de los tableros para aplicaciones de interior. En ambiente seco.*
- UNE-EN 312-4:1997. *Tableros de partículas. Especificaciones. Parte 4: Especificaciones de los tableros estructurales para uso en ambiente seco.*

---

<sup>1346</sup> También denominados “Tableros aglomerados de virutas” y “Tableros de virutas” a secas. Nosotros dejaremos esas denominaciones para los tableros OSB y Waferboard y así evitar posibles confusiones.

<sup>1347</sup> A veces se utiliza este término para designar a los tableros de partículas de calidad inferior.

<sup>1348</sup> Para diferenciarlo de los “Tableos de conglomerante hidráulico” o “Tableros de madera-cemento”.

<sup>1349</sup> Término inglés compuesto por “chip”: astilla, pedacito; y “board”: tablero; es decir, “Tablero de astillas”. Aunque la traducción literal es “cartón madera” y es un término empleado desde hace 100 años en las industrias que fabrican papel para designar un producto poco apropiado como tablero para nuestros fines.

<sup>1350</sup> Denominación que se le daba a este tablero en el Reino Unido en los años 50.

<sup>1351</sup> Particle significa partícula. Particleboard, significaría, por tanto, “tablero de partículas”. En EE.UU. significa “madera aglomerada”. Término aceptado en la Reunión Consultiva de la FAO en 1957, “por brevedad y aceptabilidad general”.

<sup>1352</sup> Término francés desplazado por “Chipboard” o “Chip board”.

<sup>1353</sup> Esta misma acepción se utiliza par el tablero de fibras.

<sup>1354</sup> Tablero de desperdicios de madera.

<sup>1355</sup> Según la FAO (la Reunión Consultiva de la FAO en 1957) reciben esta denominación todos aquellos tableros hechos de varias capas de material similar y comprende tableros hechos basados en capas de partículas de diferentes formas y tamaños, podemos incluir los tableros Waferboard y los OSB también.

- UNE-EN 312-5:1997. *Tableros de partículas. Especificaciones. Parte 5: Especificaciones de los tableros estructurales para uso en ambiente húmedo.*
- UNE-EN 312-6:1997. *Tableros de partículas. Especificaciones. Parte 6: Especificaciones de los tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente seco.*
- UNE-EN 312-7:1997. *Tableros de partículas. Especificaciones. Parte 6: Especificaciones de los tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente húmedo.*
- UNE-EN 317:1994. *Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la hinchazón en espesor después de inmersión en agua.*
- UNE-EN 319:1994. *Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero.*
- UNE-EN 323. *Tableros derivados de la madera. Determinación de la densidad.*
- UNE-EN 326-1. *Tableros derivados de la madera. Muestreo, corte e inspección. Parte 1: Muestreo y corte de las probetas y evaluación de los resultados de ensayo.*
- UNE-EN 1087-1:1996. *Tableros de partículas. Determinación de la resistencia a la humedad. Parte 1: Método de cocción.*
- UNE 56746. *Tableros de partículas. Determinación de la resistencia del tablero a la humedad. Prueba de envejecimiento acelerado por el método T-313.*
- UNE 56747:1987. *Tableros de partículas hidrófugos T-313. Características físico-mecánicas.*
- UNE 56754:1988. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la resistencia al impacto.*
- UNE 56755:1988. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la resistencia al arranque de tornillos.*
- UNE 56756:1988. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la resistencia al arranque de clavos.*
- UNE 56710. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la humedad.*
- UNE 56711. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la resistencia a la flexión y del módulo de elasticidad.*
- UNE 56712. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras.*
- UNE 56713. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la hinchazón y la absorción de agua por inmersión total.*
- UNE 56714. *Tableros de partículas. Características físico-mecánicas.*

### **7.3.2.1 Definición.**

Son tableros elaborados a partir de partículas de madera (serrín, virutas y similares) u otros materiales leñosos<sup>1356</sup> que se encuentran

---

<sup>1356</sup> Dichos materiales pueden ser los mismos que a veces se usan en la fabricación de tableros de fibras: lino, bagazo, cáñamo, etc.



aglomerados por medio de adhesivos, generalmente sintéticos, y mediante la aplicación de presión y calor:

En la Consulta Internacional sobre tableros se recomendó la siguiente definición para los tableros de madera aglomerada: material en lámina fabricado con partículas de madera u otros materiales lignocelulósicos (por ejemplo, astillas, hojuelas, virutas, etc.) aglomerados por medio de un aglutinante orgánico y uno o más de los agentes que se mencionan a continuación: calor, presión, humedad, un catalizador, etc. (...) <sup>1357</sup>

En este tablero se realiza una desintegración de su estructura [de la madera] menor que en los tableros de fibras. En los tableros de partículas se conservan más sus características físicas.

Es de los tableros más jóvenes derivados de la madera.

Este tablero queda definido por los materiales con los que está construido:

(...) El tablero aglomerado tiene unas características propias del material que lo constituye (aglomerado de partículas de madera y resinas y de la forma del elemento (superficial) <sup>1358</sup>.

Suelen ser tableros densos, resistentes y no demasiado manejables por su elevado peso.

Suelen ser bastantes rígidos pero su resistencia viene marcada por los refuerzos (o en su caso apoyos) que le proporcionemos. Es conveniente fijarlo a un bastidor que aumente su resistencia.

Casi ningún tablero de este tipo tolera bien la humedad: sus partículas se hinchan.

Dada la composición de estos tableros, podríamos resumir diciendo que el tablero de partículas «es un buen ejemplo de un composite de madera corriente» <sup>1359</sup>. Tal es así que en 1995 Philippe Stark fabricó la carcasa para un televisor de la marca Saba con serrín y harina de madera

---

<sup>1357</sup> A.W. Taylor, "Tableros de madera aglomerada", *Montes*, año XV, nº 88, Julio-Agosto, 1959, Montes, Madrid, pág. 393.

<sup>1358</sup> Grau Enguix, op. cit., pág.172.

<sup>1359</sup> "Finlandia", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 153.

aglutinados con un adhesivo libre de formaldehído y moldeado a presión. Otro composite pero de fabricación española es el denominado *Maderón* (1995), que se obtiene de cáscaras de frutos secos, principalmente de almendra, convertidas en polvo y aglutinadas igualmente con resinas sintéticas. Dicha pasta se convierte en todo tipo de objetos por medio de moldes y presión.<sup>1360</sup>

### 7.3.2.2 Historia.

Al hablar de las maderas mejoradas o de los tratamientos aplicados a la madera para modificar sus propiedades, ya apuntábamos algo sobre los tableros aglomerados de partículas, diciendo que fueron un producto más del intento de solucionar la demanda, por parte de la industria, de los tableros de grandes dimensiones sin los problemas que hubiera acarreado el empleo de madera maciza. (A parte de la escasez que de ella había.)

Este fue uno de los problemas a solucionar, el otro derivó de la inmensa cantidad de desperdicios que acumulaba la industria de la madera y no sabía que hacer con ellos. La idea de aprovecharlos en la fabricación de tableros prendió rápidamente pensando que con ello el aprovechamiento de la madera iba a ser total e iba a aportar un gran beneficio económico. Esto no fue así, porque los tamaños (virutas, serrín<sup>1361</sup>, astillas, polvillo de lijado) no eran uniformes, había muchas especies mezcladas, polvo, etc. que hacía imposible comunicar las mismas, y buenas, propiedades mecánicas que necesitaba. La única posibilidad estaba en utilizar grandes cantidades de adhesivo:

(...) Los tableros obtenidos con esta materia prima necesitaron proporciones de adhesivo muy grandes (40% sobre la madera seca) para que las características mecánicas fueran aceptables, lo que condujo a un producto de gran densidad, muy difícil de mecanizar y de un costo prohibitivo.<sup>1362</sup>

---

<sup>1360</sup> Ramón Úbeda, “Materiales mutantes”, *Semanal El País, Diario El País*, nº 234, Domingo 13 de agosto, 1995, Año XX, pág. 70-71.

<sup>1361</sup> El serrín de madera ya era usado como materia de carga para impartir cierta aspereza en los aparejos para pastel.

<sup>1362</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 119.

De esta manera se comenzó la fabricación de los tableros pero aprovechando, de una manera controlada, sobrantes pero de madera sanas, de menor valor: costeros, etc.

La investigación comenzó hacia 1887 con el 1<sup>er</sup> intento de fabricación de este tablero por parte de Erns Hubbard<sup>1363</sup>, pero no fructificó, a pesar de



Charles Demuth.  
He visto el número 5 dorado, 1928.  
Óleo sobre conglomerado.



Abedules de Finlandia.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

las muchas patentes, hasta que no se consolidaron las resinas sintéticas en el mercado.

Antes de la II<sup>a</sup> Guerra Mundial comenzaron los experimentos en Europa y Norteamérica.<sup>1364</sup>

Hacia 1935 se obtenían unos aglomerados de serrín seco con dextrina (10%), prensándolos posteriormente en unos moldes. Esto sucedía en Wilmintong (California) para aprovechar grandes cantidades de residuos de madera. Esto no eran tableros aglomerados, se les denominaba “serrín de

<sup>1363</sup> También aparece como Erns Hubaart, autor de *La utilización de residuos de madera*.

<sup>1364</sup> En 1936 aparecen las primeras patentes de tableros de tres capas. Según Puig Sales, la patente de Phol fue la que marcó un hito en la historia por el tamaño tan grande de sus partículas, en relación con los tamaños de partículas utilizados posteriormente:

		Partículas	
		Largo (mm)	Grueso (mm)
Phol (1936)		50 a 200	0,5 a 2
1967	Capas exteriores	20	0,2
	Capas interiores	40	0,4

(Ramiro V. Puig Soler, op. cit., pág. 34).

madera en forma de aglomerado”<sup>1365</sup>, pero de intentos como este se llegó posteriormente al tablero aglomerado.

La primera fábrica se construyó en Bremen (Alemania) en 1941.

El tablero se fabricaba con madera de picea y resina fenólica. Posteriormente en ese mismo país se fabricará el tablero usando restos de otros tableros y la resina era de urea.

El sistema se perfecciona economizando aglutinante al hacer las partículas homogéneas y no heterogéneas como ocurría antes.

Las especies más usadas fueron el pino, la picea, abedul, haya, etc.<sup>1366</sup>

Tres países fueron los que siguieron con las investigaciones: Alemania, Reino Unido y Suiza. Este último será el que, en 1945 y por medio del ingeniero Fred Fahrni, lance al mercado el primer tablero compuesto por tres capas «(...) que utilizaba partículas irregulares para la capa mediana y partículas delgadas y planas para las caras exteriores más resistentes».<sup>1367</sup>

A partir del principio según el cual tenían que eliminarse las tensiones internas de la madera, se hicieron estudios para eliminar el trabajo natural de ésta.

El ingeniero suizo Fred Fahrni llegó [en 1945] a resultados completamente nuevos con la plancha que se ha divulgado con el nombre comercial de Novopan.

Análogamente al principio estático de las vigas en doble T, logró desplazar el principal momento de resistencia en los estratos externos como si se tratara de una construcción chapeada, en tanto que las masas del interior estuvieran compuestas de material poco comprimido.

Fahrni llegó a esta concepción partiendo del principio de dejar trabajar libremente la madera, pero que en cambio no sufriera alteraciones ante cualquier cambio de humedad (...)<sup>1368</sup>

Fahrni lanza en 1946 el famosísimo tablero NOVOPAN y concede una sola licencia a cada país salvo a Alemania, concediéndole dos.

---

<sup>1365</sup> Según *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana*, Editorial Espasa Calpe, S.A., Anexo 1935, pág. 1139.

<sup>1366</sup> A.W. Taylor, op. cit., pág. 393.

<sup>1367</sup> Idem, pág. 394.

<sup>1368</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 205

En ese mismo año Klauditz y Mitarbeiter sientan las bases del desarrollo tecnológico de la producción del tablero de partículas, tal y como hoy lo conocemos.<sup>1369</sup>

Continúan las experiencias en los años siguientes tratando de encontrar sustitutos a la madera. Se realizan tableros con lino<sup>1370</sup>, bagazo de lino, fibra de coco, etc.

Comienza a difundirse en los años 50 (en el campo de la construcción, sobre todo y en carpintería como alma de tableros). Hacia 1950 comienza a fabricarse el tablero aglomerado de partículas en Finlandia<sup>1371</sup>.

En 1954 comienza la producción la primera fábrica en España (en Vilarrasa, Valencia), con patente Novopan.

A Finlandia, país maderero por excelencia, llega en 1956<sup>1372</sup>.

Se estima que hacia 1956 existían en Europa 114 fábricas (una de ellas en España), en América del Norte 59, en América del Sur 7, ninguna en la antigua URSS, 1 en Australia, 4 en África y en Asia 9. Hacían un total de sólo 194 fábricas.

En la Conferencia de Ginebra de 1957 se le asignó a este producto el nombre con el que pasaría a la historia:<sup>1373</sup>

País	Denominación
Alemania	Spanplatten
Francia	Paneau de Particule
Inglaterra	Particle Board
España	Tablero de partículas

<sup>1369</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 120.

<sup>1370</sup> En 1947, en Bélgica, comienza la construcción de la primera fábrica que usa el lino como materia prima.

<sup>1371</sup> Cifras obtenidas de “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., págs. 25 y 31 y referidas al año 1992.

<sup>1372</sup> Suele darse también el año 1950 como fecha de llegada de este tablero a Finlandia.

<sup>1373</sup> Ramiro V. Puig Sales, op. cit., pág. 33.

En ese año ya existen 198 fábricas en el mundo.

Otras 30 fábricas más se terminaron en todo el mundo 1958.

En 1959, ya existen dos fábricas en España que utilizan madera de coníferas. Se usa el pino pináster al igual que se usa para fabricar tablero de fibras pero en el caso del tablero aglomerado es menos aconsejable por la cantidad de resina que contiene.

En 1962 empiezan su producción empresas tales como Taglosa (en Burgos)<sup>1374</sup> y Tam (Salas de los Infantes)<sup>1375</sup>.

Hacia 1963 comienzan a montarse las fábricas de Tafisa, Aeronáutica, Cuberg y Gonzalo Felipe.<sup>1376</sup>



Yves Klein.  
Relieve con esponjas azules (RE<sub>19</sub>),  
1958.  
Pigmento sobre resina sintética sobre  
esponjas, grava y conglomerado.

Nº de fábricas en España	Años
1	1956
2	1959
9	1962
9	1963
11	1964
11	1965

Fábricas de tableros de partículas en la R.F. de Alemania					
	AÑOS				
	1954	1956	1958	1960	1961
Nº de fábricas	28	44	58	66	69

<sup>1374</sup> Fabrica los tableros “TAM”.

<sup>1375</sup> Que fabrica los tableros “TP”.

<sup>1376</sup> César Peraza Oramas, “La industria de tableros de madera”, Vª Ponencia del I Congreso Económico Social, organizado por el Sindicato Nacional de la Madera y el Corcho, en *Montes*, año XXII, nº 128, Marzo-Abril, 1966, Montes, Madrid, pág.196.

Surgen en esos años otras patentes como Behr, Vowinkel, Schenk, etc.

Prácticamente las investigaciones se llevaron a cabo sólo en Alemania, hasta que en los años 60 otros países comenzaron a trabajar con el producto.

En 1965 comienza Finsa y dos años más tarde Ecar.



En los años 70, según Spannagel, existían

Tablero de los años 70 en exposición continua al exterior. Pueden apreciarse las tres capas perfectamente. Las partículas de las caras son finísimas y planas. Las del corazón gruesas y más alargadas. Están sobredimensionadas por la hinchazón sufrida por la humedad.

dos tipos de estas nuevas planchas que se clasificaban según el tamaño de viruta empleada:

a) La plancha Novopan.<sup>1377</sup>

b) El tablero aglomerado de viruta fina.

a) La plancha Novopan: [de viruta grande, compuesto de 3 estratos, en los que la viruta más fina se encuentra en las capas externas y la mas basta en el alma].

b) Tablero aglomerado de viruta fina: [La viruta se encuentra entremezclada en todas direcciones, a pesar de tener también un alma menos compacta].

La patente Behr relativa a tableros aglomerados de virutas se funda en una estratificación uniforme de virutas largas y muy finas gracias a lo cual se conserva la completa y total estabilidad de las fibras en dirección longitudinal (...).

Las virutas se distribuyen en zigzag y se encolan formando una plancha, cuyas fibras no discurren en una sola dirección, sino en todas las direcciones.

Estas planchas poseen una cara mejorada con virutas extremadamente finas, adecuadas para trabajos barnizados y no necesita un chapeado ciego si se quieren rechapar. Cuando se quieran obtener superficies extremadamente pulidas y

<sup>1377</sup> Con esa denominación sale al mercado, en la Feria de Muestras Internacional de Barcelona, de 1953, un tablero aglomerado con las características que contempla Fritz Spannagel. Era un producto de Salvador Vilarosa de Vilarosa, S.A.



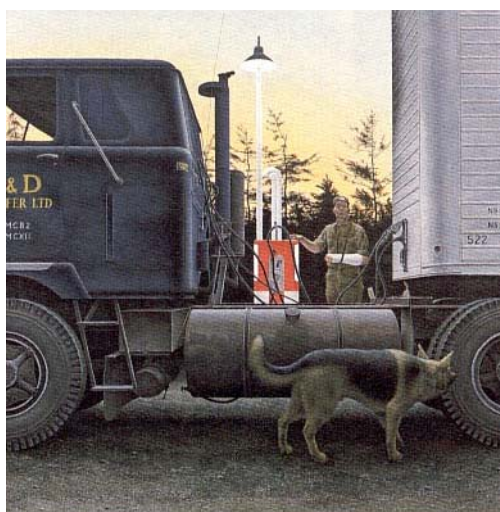
barnizadas, se pueden chapear con una delgadísima chapa ciega de 0,6 mm. El chapeado y rechapado se pueden efectuar en un sólo proceso.

Estas planchas no sufren prácticamente ningún trabajo, pues ni absorben ni desprenden humedad (...).

Estos tableros no pueden dejarse vistos como el Novopan, Forzosamente tiene que chapearse o pintarse. Si se chapea, basta con una chapa de 0,6 - 0,8 mm y se puede disponer en cualquier longitud (longitudinal, cruzada, atravesada, etc.).

Suelen tener estas medidas: 2500 x 1250 mm ó 3500 x 1250 mm en gruesos de 8,10, 12, 16, 19 y 22 mm. 1378

Fábricas en España	Años
1974 <sup>1379</sup>	31
1976	31
1980	29
1985	16
1986	16
1990	19
1992	27
1998 <sup>1380</sup>	15



Alex Colville.  
Parada de camiones, 1966.  
Acrílico sobre

<sup>1378</sup> Fritz Spanngel, op. cit. , pág. 216

<sup>1379</sup> Fábricas existentes en España hacia 1974: Burgos 3, La Coruña 7, Cuenca 1, Gerona 1, Guadalajara 1, Huelva 1, Lérida 1, Lugo 1, Orense 1, Pontevedra 1, Santa Cruz de Tenerife 1, Segovia 1, Sevilla 1, Soria 1, Tarragona 1, Toledo 1, Valencia 4, Vizcaya 2. Hacían un total de 31. Cifras ofrecidas por Jaime Pelfort Batalla, “La madera como materia prima en España”, *Montes*, año XXX, nº 177, Madrid, 1974, Montes, Madrid, pág.245.

<sup>1380</sup> Según, Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 120.



### 7.3.2.3 Materiales.

#### 7.3.2.3.1 Materia prima.

##### - **Partículas de madera.** <sup>1381</sup>

Con 1,3 m<sup>3</sup> de madera de baja calidad puede obtenerse 1 m<sup>3</sup> de tablero aglomerado de partículas.

La forma y la dimensión afectan a las propiedades del tablero: la forma suele ser plana y las dimensiones suelen oscilar.<sup>1382</sup>

Capas externas	Espesor: 0,10 - 0,30 mm.
	Longitud: 10,00 - 20,00 mm.
	Ancho: 3,00 - 6,00 mm.
Capas internas	Espesor: 0,30 - 0,50 mm
	Longitud: 10,00 - 20,00 mm
	Ancho: 3,00 - 6,00 mm.

Fijándonos en el cuadro anterior, apreciamos que lo único que cambia en el tamaño de las partículas es el grosor. La longitud y el ancho permanecen idénticos:

No debe exagerarse la longitud ni bajar el espesor, ya que las partículas muy largas crean problemas en los silos y otras conducciones, mientras que hace aumentar la necesidad de cola por m<sup>2</sup> y dificulta la dispersión de las gotitas de cola.<sup>1383</sup>

En las capas internas se produce un aumento en el grosor de las partículas.

Las especies más usadas en España son los pinos, chopos, eucalipto, etc. Pero el pino es el fundamental y más empleado. Aunque podrían servir todas las especies, se descartan las que contengan excesos de ceras y resinas por problemas con el encolado.

---

<sup>1381</sup> El material se confecciona partiendo de virutas, astillas, estacas, etc.

<sup>1382</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al, op. cit., pág. 170.

<sup>1383</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 138.

También se prefieren las coníferas a las frondosas porque las partículas de éstas tienen mayor rugosidad en su superficie debido a que son especies cuyas células tienen el lumen de gran diámetro.

En general se utilizan especies con densidades no superiores a 0,600 g/cm<sup>3</sup>, «(...) en cualquier caso, es recomendable que la densidad de la madera sea inferior a la del tablero con ella fabricado. Maderas densas producen tableros difíciles de transformar y la preparación de las astillas y partículas se hace costosa y complicada.»<sup>1384</sup>

Las partículas o astillas del aglomerado estándar suelen tener un tamaño regular, deben ser planas y su longitud (vista en el sentido de la fibra) debe ser superior a su anchura. Casi todos los fabricantes organizan sus partículas en capas, localizándose las de menor grosor en las capas externas o superficiales, y su acabado superficial casi siempre incorporan un lijado de esta capa en previsión de posibles tratamientos decorativos:

El tablero tipo consta de dos caras externas con viruta sana y delgada y un relleno interior, que da espesor y cuerpo al tablero, integrado por desperdicios leñosos triturados; así preparadas las tres capas se las trata por soluciones ureicas formuladas, para comunicar plasticidad y biofobia, siendo a continuación impregnadas del adhesivo y fuertemente prensadas en caliente, con lo que queda terminado el tablero, pendiente sólo de su recorte<sup>1385</sup>.

Suelen emplearse, por lo general, especies blandas aunque, a veces, se les añade una cierta cantidad de maderas duras.<sup>1386</sup>

Al igual que ocurría con los tableros de fibras, con este tablero se intentó emplear el serrín producido en la industria maderera. Pero sólo fue otro espejismo.

Lo que se necesitaba era la idea completamente nueva de producir astillas y hojuelas de corte de “ingeniería” con propiedades geométricas bien determinadas como materia prima para el tablero de partículas. (...) Después de la preparación de la partícula debe efectuarse la selección o

---

<sup>1384</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 122.

<sup>1385</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 334

<sup>1386</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 36.

clasificación y desecación. Ambas operaciones se combinan en los secadores de suspensión más recientes. Se han tenido que idear mezcladores de tipo continuo para la distribución rápida y uniforme del aglutinante (...) Han tenido que crearse instalaciones para formar la estera. Antes del prensado se humedecen las superficies de la estera. El contenido de humedad de las partículas que era más alto en las capas de la plataforma que en el interno, garantiza las siguientes ventajas: superficies más suaves, mayor resistencia a la flexión y ciclos de presión cortos debido a la mayor transferencia del calor.<sup>1387</sup>

Actualmente suele añadirse serrín y otras pequeñas partículas en proporción no superior al 30%.

La humedad de las partículas suele estar entre un 5 y un 8%.

#### - Otros materiales.

Otros materiales se han usado, en la fabricación de estos tableros, con más o menos fortuna: residuos agrícolas de las plantas anuales, lino, el *shives de lino*, tallos de *kenaf*, bagazo de caña de azúcar, el yute, cáñamo, girasol, el tallo del maíz y del algodón, la fibra de la palma, etc. En Malasia, por ejemplo, se utilizan los árboles de palma de aceite para fabricar aglomerados.

También se ha intentado hacer utilizando los tallos de la planta del tabaco.<sup>1388</sup>

Estas mismas fibras se emplean también para la fabricación del papel.

Con estos materiales existe un problema y es que además de contener muchas impurezas (arena por ejemplo) contienen ciertas partes (médula y corteza por ejemplo) que perturban el proceso y generan efectos negativos.

Las plantas de fibras no leñosas se componen de fibras muy similares a aquéllas de la madera natural. Sin embargo la forma, tamaño y abundancia de ellas difieren considerablemente. Como resultado, el tratamiento de fibras

---

<sup>1387</sup> F.P. Kollmann, “La promesa de la tecnología”, *Montes*, año XXV, n° 149, Sept-Oct, 1969, Montes, Madrid, págs. 415-416.

<sup>1388</sup> A. Díaz Acosta, M. Supín y F.J. Jiménez Peris, “Investigación para la producción de tablero de partículas del tallo de la planta de tabaco”, *Montes*, n° 55, 1<sup>er</sup> trimestre de 1999, Montes, Madrid, págs. 64-71. También puede consultarse “tablero de partículas a partir de la planta de tabaco”, *Aitim*, n° 191, Enero-Febrero, 1998, Aitim, Madrid, pág. 79.

no leñosas es generalmente diferente a las fibras de madera y el proceso debe ajustarse a las propiedades de la materia prima.

La primera experiencia de Valmet con fibras no leñosas se remonta a 1937 cuando un Defibrator (tipo C) fue instalado para procesar los desechos de la caña de azúcar (el bagazo), para la producción de pulpa para los tableros aislantes en la planta de Marrero de la Compañía de Cellotex en Louisiana, EE.UU. Otra temprana entrega, en 1938, fue una planta completa de tableros duros para procesar paja a “Iris Wallboard” en Athy, Irlanda.

Desde ese tiempo, han entregado varias líneas de tablero duro basado en fibras no leñosas y, en recientes años, plantas de MDF y tableros de partículas de pasta química de bagazo con digestores continuos. Empezó en 1955 con la primera entrega a W.R. la Gracia & Co en Paramonga, Perú y desde entonces Sunds Defibrator ha proporcionado más de 50 digestores a escala mundial para este propósito.<sup>1389</sup>

#### **7.3.2.3.2 Adhesivos.**

Otras acepciones: **Aglutinantes. Binder.**

Es el componente más caro en la elaboración de un tablero de este tipo.

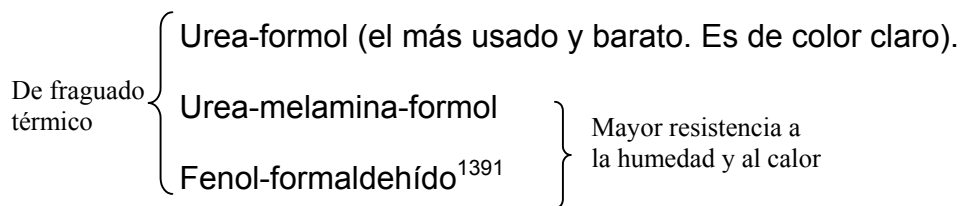
El utilizar uno u otro va a depender de lo que esperemos del tablero y de su ubicación.

Al igual que la mayoría de tableros derivados de la madera, los adhesivos más utilizados son los de tipo sintético:<sup>1390</sup>

---

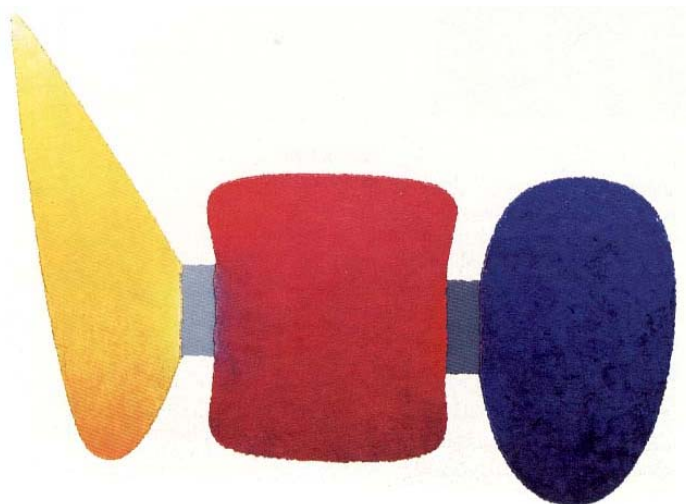
<sup>1389</sup>Traducción personal de “Processing of nonwood plants. Pulping of nonwood plants raw materials”, información técnica de Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000, págs. 2-3.

<sup>1390</sup> Normalmente en disolución coloidal. Las normas DIN alemanas contemplaban tres tipos de adhesivos para los diferentes tipos de encolado utilizado: “Tipo V 20. Su encolado permite que se emplee en ambientes con bajo contenido de humedad (pero no resiste la intemperie). Tipo V 100. Su encolaje es más resistente sometido a un ambiente con bastante vapor de agua (pero tiene poco aguante a la intemperie). Tipo V 100 G. De encolaje resistente en ambientes muy húmedos (pero limitadamente a la intemperie); se halla protegido contra el ataque de hongos.” (Adams Hans, op. cit., pág. 13.



Por término medio, las virutas suelen llevar una cantidad de cola que varía entre el 4y el 9%.

El contenido en sólidos de las distintas capas va a variar, así tenemos que en el alma suelen llevar (las fenólicas) un contenido en sólidos del 10%, mientras que en las caras el 8%.



Raimer Jochims.  
En memoria de Kandinsky, 1991-92.  
Acrílico sobre aglomerado.

#### Otros interesantes

adhesivos utilizados en situaciones exigentes (tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente húmedo, por ejemplo) son los isocianatos PMDI.<sup>1392</sup> Estos adhesivos son muy importantes pero encarecen mucho el tablero. La ventaja que tienen es que aportan al tablero mayor resistencia a la humedad que los fenólicos, pero lo más importante es que fraguan sin aportar humedad a las partículas de madera.<sup>1393</sup>

Últimamente se están incorporando adhesivos basados en carbohidratos y almidones (materias primas renovables) para reducir las emisiones de formaldehído. También se utilizan en los tableros MDF.

<sup>1391</sup> Los adhesivos fenólicos usados en los tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente húmedo suelen llevar endurecedores alcalinos.

<sup>1392</sup> Vid. norma UNE-EN 312-7:1997.

<sup>1393</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 133.

A las resinas se les incorporan los endurecedores de tipo alcalino como las sales de amonio (cloruros, sulfatos, etc.) proporciones de un 15 – 30% respecto de la resina.

#### **7.3.2.3.3 Aditivos.**

Se incorporan, como en los tableros de fibras, durante el proceso de elaboración y así modificar sus propiedades.

Las más habituales son: Ceras, productos fungicidas (contra hongos y bacterias), insecticidas, ignífugos, hidrófugos, endurecedores.

El pH de estos tableros suele ser neutro y por ello no produce corrosión de metales que estén en contacto con el tablero.

Las parafinas (emulsiones de parafina) son los aditivos empleados para el acabado. Dicha parafina se disuelve en esencia mineral o se derrite y luego se pulveriza sobre las partículas. La proporción oscila de un 0,5 a un 1% respecto del peso seco de la madera.

La parafina hace que el tablero sea más resistente a la humedad, pero si nos excedemos en las cantidades, sus propiedades resistentes disminuyen.

Para hacer un tablero hidrófugo, «se le añade a la resina de urea-formaldehído, resina de melamina-formaldehído, en una proporción de melamina sobre urea del 15 al 20%».<sup>1394</sup>

Al final de todo el proceso se añade amoníaco al 25% para evitar el endurecimiento superficial del tablero. La cantidad que se añade es muy pequeña, del orden del 2% del peso de la resina.

#### **7.3.2.4 Dimensiones.**

Puede consultarse la norma: UNE 56.715.

---

<sup>1394</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 134.

Los tableros se designan por la longitud, seguida de la anchura y el espesor. Los dos primeros en centímetros y la tercera en mm.

*Espesores:*

- + 10,16 y 19 mm.
- + de 6 mm ( $\frac{1}{4}$  pulgada) a 40 mm ( $1\frac{1}{2}$  pulgada).<sup>1395</sup>
- + los más usuales: 12 ( $\frac{1}{2}$  “), 18 ( $\frac{3}{4}$ ”) y 25 mm (1”).

*Dimensiones industriales:*

Longitudes: desde 2,05 m hasta 4,88 m

Anchos: desde 1,22 m hasta 2,50 m

Gruesos: desde 2,5 mm hasta 40 mm.

*Pero las dimensiones más habituales en el comercio son:*

2,44 x 1,22 m	3,66 x 1,83 m
2,44 x 1,83 m	4,10 x 2,05 m
2,44 x 2,05 m	4,88 x 2,05 m

Con grosores que van desde 16, 19, 22 y 30 mm.

Las tolerancias están incluidas en la norma UNE 56.715, que se aconseja consultar si fuera necesario. Nosotros aquí no la incluimos por carecer de interés.

### **7.3.2.5 Proceso de fabricación.**<sup>1396</sup>

Naturalmente, la fabricación de tableros establece unos estrictos controles de calidad y se conceden unas certificaciones de calidad a aquellas empresas que mantienen unos productos de altísima calidad y los fabrican acorde a la normativa vigente. Asimismo otras empresas pierden sus certificados cuando no mantienen esa calidad exigida en sus productos.

Algo muy importante diferencia a este tablero de los tableros de madera maciza, aparte de lo obvio.

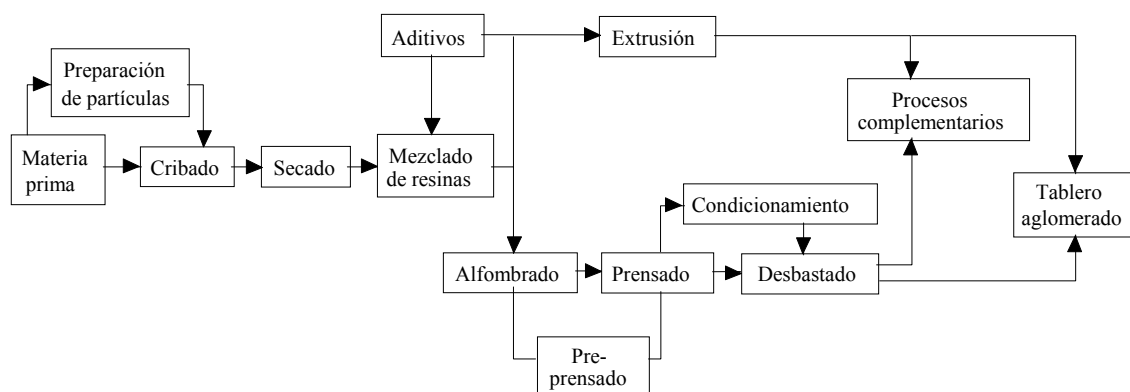
---

<sup>1395</sup> La empresa Wilhelm Mende GmbH de Alemania es el productor más importante de tableros aglomerados de partículas de poco espesor.

<sup>1396</sup> La maquinaria comentada en este apartado procede, salvo que se indique lo contrario, de la firma Valmet, miembro de Metso Corporation, porque Valmet es el principal proveedor de procesos y equipo para la producción de estos tableros, así como también lo es para la producción de fibra de madera por proceso húmedo y seco y tableros de aglutinante mineral, así como laminación de tableros y los sistemas de acabados. Esta compañía ofrece procesos capaces de usar todos los tipos de materia prima, incluyendo varios tipos de plantas no leñosas como el bagazo, los tallos de algodón, y otros.

Este tablero está constituido básicamente por la propia naturaleza orgánica de la madera; sin embargo su núcleo carece de una de las características fundamentales de ella: Su textura continua fibrosa<sup>1397</sup>.

#### **Esquema del proceso de fabricación de los tableros de aglomerado**<sup>1398</sup>



Lógicamente, con el paso del tiempo, los sistemas de fabricación han ido evolucionando en todos los aspectos: desde la forma de obtención de la partícula, el tamaño de esta, los adhesivos, la forma de prensado, etc.<sup>1399</sup>

Firmas tan importantes como Valmet comercializan líneas completas de fabricación que en pocos minutos tienen listo un tablero. Algunas de estas líneas de capacidad media (proceso de capacidad media) son las más solicitadas por los fabricantes por su sencillo manejo y altas prestaciones, ya que pueden utilizar todos los tipos de materias primas.



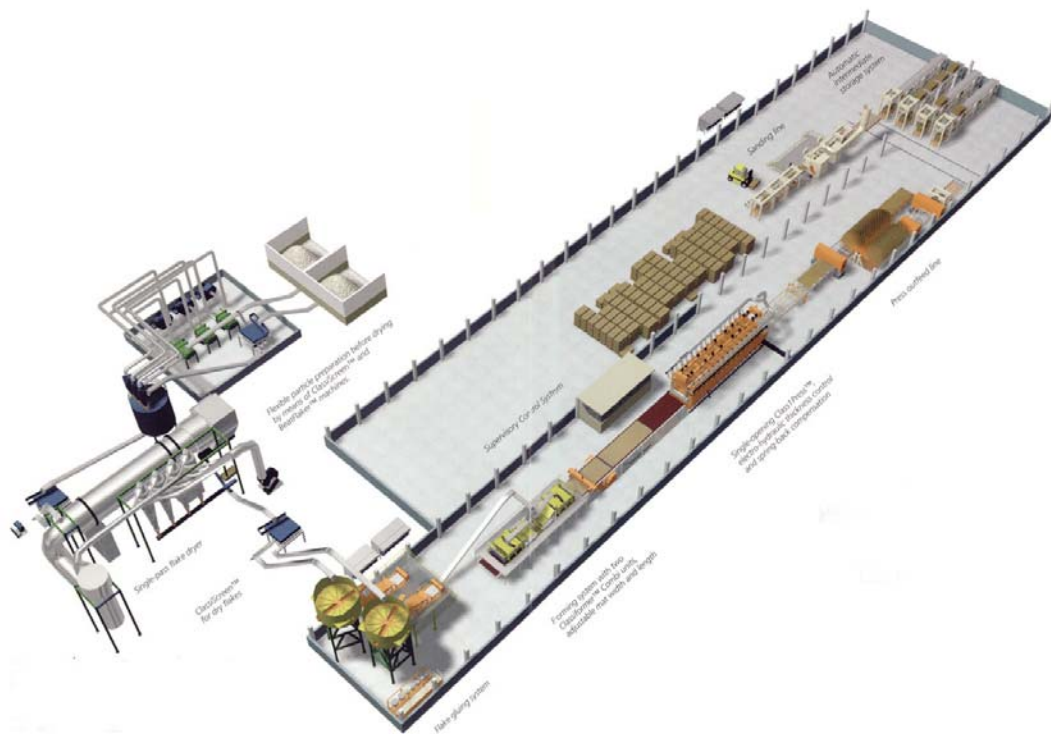
<sup>1397</sup> Fritz Spanngel, op. cit., pág. 205.

<sup>1398</sup> Liesa y Bilurbina, op. cit., pág. 104.

<sup>1399</sup> Denominación de algunos sistemas de fabricación hacia 1964: Hermal, Contitace, Intertac.



El proceso de fabricación consiste en una serie de pasos perfectamente definidos que abarcan desde la recepción de la materia prima, preparación



Línea de fabricación completa. Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

de las partículas, selección, etc., hasta su expedición final.

### 7.3.2.5.1 Fragmentación y preparación de las partículas.

Como ocurre con la madera destinada a chapas, aquí la madera necesita ser humectada o vaporizada para facilitar así la fragmentación o astillado.<sup>1400</sup>



BeatFlaker.

Por cortesía de Valmet Panelboard Oy.

Solían utilizarse astilladores y molinos con cuchillas para dividir



Astillas en el BeatFlaker. Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

<sup>1400</sup> Sistemas más empleados por los finlandeses en los años 50 (hacia 1957 aproximadamente): Sistema alemán "Kreibaum." Sistema suizo "Fibrexa": Se distingue de los demás procedimientos en que la viruta se corta en sentido transversal a la dirección de la fibra, consiguiéndose una estabilidad especial del tablero (*Montes*, año XIII, nº 73, Ene-Feb, 1957, Montes, Madrid, pág.55.)

longitudinalmente las partículas más anchas, antes de llevarlas al secadero: astilladoras de cilindro, de disco, cuando se parte de trozas y otras especiales para residuos, cuando se parte de restos de otras industrias.



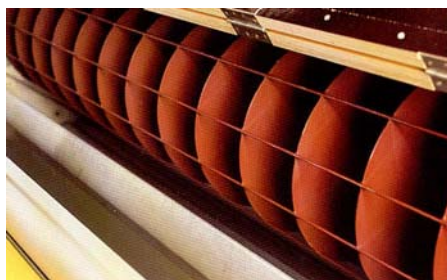
BeatFlaker. Máquina astilladora.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

En la actualidad una de las máquinas más empleadas para el acondicionamiento de partículas es el BeatFlaker™ de Valmet. Los fragmentos más grandes son fraccionados en partículas

en el BeatFlaker™ que

opera sin cuchillas, esto reduce las fluctuaciones en la calidad de la hojuela, así como garantiza los más bajos costes producción. La calidad de la partícula

permanece estable. Toda la preparación de las partículas es llevada a cabo previamente al secado, resultando posteriormente un secado óptimo, oclusiones de aire minimizadas, más baja generación de polvo y menor consumo de energía eléctrica.<sup>1401</sup>



El material fluye de las cajas hacia los rodillos de fraccionamiento.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

El tamizado de las partículas presenta dos unidades ClassiScreen™ previas al secado. La primera unidad tamiza el material húmedo para separar los fragmentos grandes directamente en



Astillas en el ClassiScreen.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

las máquinas astilladoras y los fragmentos

más finos al

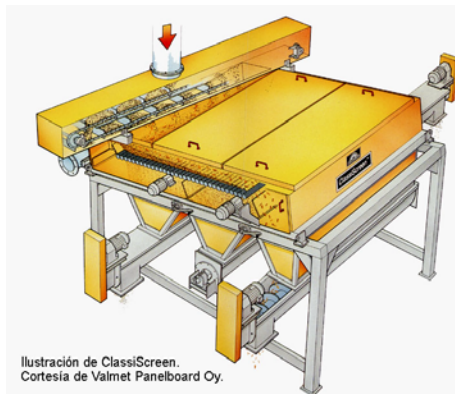
silo de almacenamiento de partículas húmedas. Este sistema clasifica las



Impurezas recogidas antes de proceder al encolado y posterior formación de la manta.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

<sup>1401</sup> Para información más completa vid. “The new medium capacity particleboard process”, información técnica de Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.

partículas en fragmentos diferentes como polvo, médula, partículas sobredimensionadas y fibras. También separa todo tipo de fracciones de suciedad que contiene la corteza, arena y estiércol.<sup>1402</sup> El serrín ha probado ser una conveniente y rentable materia prima en la producción del tablero aglomerado de partículas, pero a veces contiene partículas extrañas como costeros o tiras de madera.



ClassiScreen, para el cribado de astillas húmedas.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

El material sobredimensionado se muele y tamiza para clasificar las partículas aceptables. Las fibras restantes pueden usarse como combustible o, después de un tratamiento extenso, las partículas son aceptadas para la fabricación de tableros.

La otra unidad equilibra la proporción de partículas que corresponden a la superficie o al corazón.

Los rodillos ofrecen diferentes tamaños para diferentes tamaños de astillas, por ejemplo 3 mm para hojuelas (copos, escamas), 5,5 – 8 para miniastillas.<sup>1403</sup>



Bin and discharger for wood chips and flakes.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

<sup>1402</sup> Una de las innovaciones (año 2001) en la fabricación de estos tableros de partículas es el ClassiCleaner™. Procesa madera de 2º uso para la separación en seco de impurezas.

<sup>1403</sup> “Panelboard. High Lights 1997”, Sunds Defibrator, Sundsvall, Sweden, 1997.

La relación que se establece normalmente entre longitud / grueso es de 100.<sup>1404</sup>

El ClassiScreen se usa para mantener el equilibrio entre las hojuelas de cara y de corazón.



Better drying quality and economy achieved by using wet flake ClassiScreen units.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

#### 7.3.2.5.2 Secado.

Es necesario conseguir una humedad baja y uniforme, normalmente entre el 8 y el 15 %.

Los secaderos suelen ocupar grandes espacios, por la gran cantidad de materia que se necesita.

#### 7.3.2.5.3 Encolado.

Aquí llegan las partículas clasificadas según vayan destinadas a las caras o al alma.

Se efectúa pulverizando la resina sobre las partículas, de manera continua, en unos tambores que hacen que se mezclen perfectamente partículas de madera y resinas.

Según Yarwood el porcentaje de cola suele ser del 10% en tanto que el de virutas es de 90%.<sup>1405</sup>

Aunque puede oscilar, el contenido de aglomerante, entre el 3 y 15 %, lo habitual, como ya comentamos, se establece entre el 5 y el 8%. Dado que lo más habitual es el tablero de tres capas (las dos caras idénticas) se establecen dos tipos de partículas de diferente tamaño con contenidos de aglutinante diferente:

---

<sup>1404</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 123.

<sup>1405</sup> YARWOOD, A., *Carpintería*, Editorial Pirámide, S. A., Madrid, 1987., pág. 26



- Para las caras: partículas más pequeñas con mayor cantidad de cola (14-15%) y con densidades de hasta 1200 Kg/m<sup>3</sup>.
- Para el alma: partículas de mayor tamaño, menos cola (5-6%) y una densidad de 600 Kg/m<sup>3</sup>.

Las colas suelen ser de urea-formaldehído aunque, como hemos dicho, también se usan los de fenolformaldehído y melamina-formol si van a utilizarse en exteriores, asimismo como los adhesivos de poliisocianato.

#### **7.3.2.5.4 Formación de la manta.**

Del correcto encolado depende parte del éxito en la fabricación del tablero. A diferencia de los tableros contrachapados aquí no existen líneas de encolado que definan un buen encolado de chapas, porque aquí no las hay, aquí hay pequeñas partículas que van a determinar una serie de puntos que no van a formar líneas continuas de cola:

(...) sin embargo esta continuidad en los tableros aglomerados no existe, en absoluto la unión entre las partículas de madera es debida a una serie de puntas encoladas.

Por otra parte, tenemos que al aumentar el grueso de la línea de cola, disminuye la resistencia de la misma y la vida del encolado.

De la combinación de estas dos ideas se desprende que un buen encolado se producirá cuando la superficie cubierta sea máxima y a su vez el espesor de la capa de cola sea mínimo, entendiendo que este mínimo siempre es mayor que un espesor de 5 moléculas, que es el necesario para la formación de un encolado en superficies teóricas (...) <sup>1406</sup>.

«El espesor de una micra es suficiente siempre y cuando se le aplique presión suficiente. Como norma general es admitida la cantidad de 6 a 8 gramos de cola por cada 100 gr de madera seca y bien cortada». <sup>1407</sup>

Hay una relación entre las veces que se pulverizan las partículas con el adhesivo y la mejora de propiedades mecánicas del mismo: Al aumentar las veces mejorar sus propiedades pero hasta un cierto límite. A veces una sola

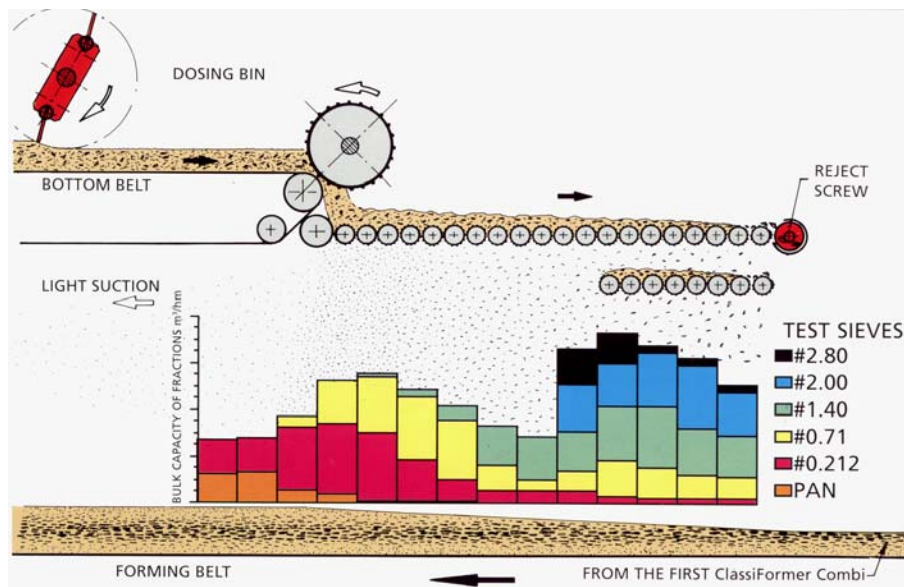
<sup>1406</sup> Félix Santamaría García, “Consideraciones acerca del tamaño de las gotas del adhesivo en la impregnación de las partículas de madera para la formación del tablero aglomerado” *Montes*, año XX, nº 119, Sept-oct, 1964, Montes, Madrid, pág. 421. Vid. también del mismo autor: “Algo más sobre el tamaño de las gotas de adhesivo en la impregnación de las partículas de madera para la formación del tablero aglomerado”, *Montes*, año XXIII, nº134, Marzo-Abril, 1967, Montes, Madrid, págs 119-121.

<sup>1407</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 139.

pulverización no es suficiente ya que las partículas no quedan totalmente envueltas en el aglutinante.

Hay un control estricto de la densidad y del peso.

Se denomina “manta” al conjunto de partículas encoladas, con sus aditivos incluidos, que son depositadas en una bandeja de aluminio, que las llevará hacia la prensa.



Esquema de formación de la manta.  
Cortesía De Valmet Panelboard Oy.

Hay dos posibilidades en la formación de la manta:

*Formación discontinua de la manta:* Las partículas ya mezcladas con la resina<sup>1408</sup>, y tras un proceso de ensilado intermedio, se hacen vibrar dentro



Classiformer Combi para formación de partículas de corazón y de superficie.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



Estación formada con dos Classiformer Combi unidos.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

<sup>1408</sup> El aglutinante suele representar de un 5 a un 8% del peso del tablero acabado y le corresponde entre un 15 y en 35% de los costes de producción.

de las formas, moldes o bandejas de aluminio o de acero-níquel, para que se reduzca el volumen de la manta al asentarse las partículas y ocupar los espacios vacíos. El espesor de la manta supone, a veces, una altura de 6 a 20 veces el espesor definitivo del tablero<sup>1409</sup>.

Dependiendo del número de tolvas que intervengan así se formará el tablero de una o varias capas.

#### *Formación continua de la manta:*

Una estera de alta calidad se forma con las unidades de Classi-Former™. Estas producen las esteras con una formación excelente, exacta y estable, sin la necesidad ajustar o limpiar las máquinas formadoras.

La manta suele cortarse, posteriormente, por medio de sierras o de chorro de aire.

Formadores: La familia de Clasiformer™ ha sido patentada por Sunds Defibrator. Esta familia incluye varias máquinas formadoras para las distintas capas: capa externa (“surface”) y capa interna (“core”), y máquinas de formación mixta (“combi”) que forman la sucesión de ambas capas.

Ventajas del tablero al utilizar esta maquinaria:<sup>1410</sup>

- Igual resistencia a la flexión en ambas direcciones.
- Ahorro de energía y materias primas.
- Control total de la partícula, la máquina puede colocar las partículas en diferentes sitios para mejorar propiedades.
- Eliminación de manchas de cola.

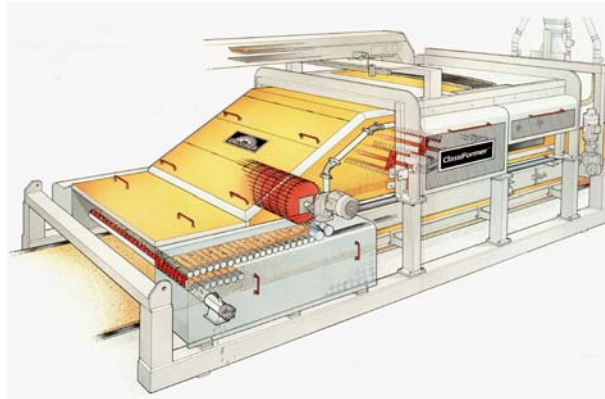
---

<sup>1409</sup> Una variación en espesor y densidad bastante común es la siguiente:

Manta	Espesor (mm)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Esparcido	100	0,12
Preprensado	60	0,20
Prensado	20	0,60

(Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 141).

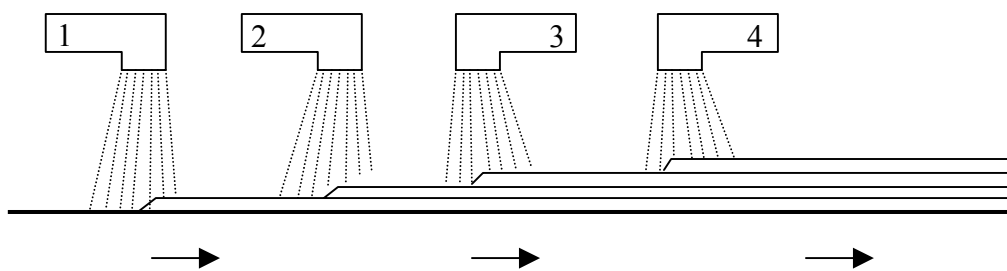
<sup>1410</sup> Según Aitim: “La familia de Classiformer™ de Sunds Defibrator”, *Aitim*, nº 176, Julio-Agosto, 1995, Aitim, Madrid, pág. 78 y “Classiformer™”, *Aitim*, nº 177, Sept-Oct, 1995, Aitim, Madrid, pág. 38.



ClassiFormer Combi.  
Cortesía de Vlamet Panelboard Oy.

El ClassiFormer™ Combi forma la estera usando una mezcla de partículas de superficie y de corazón. Sólo dos unidades ClassiFormer™ Combi se necesitan para hacer la estera.

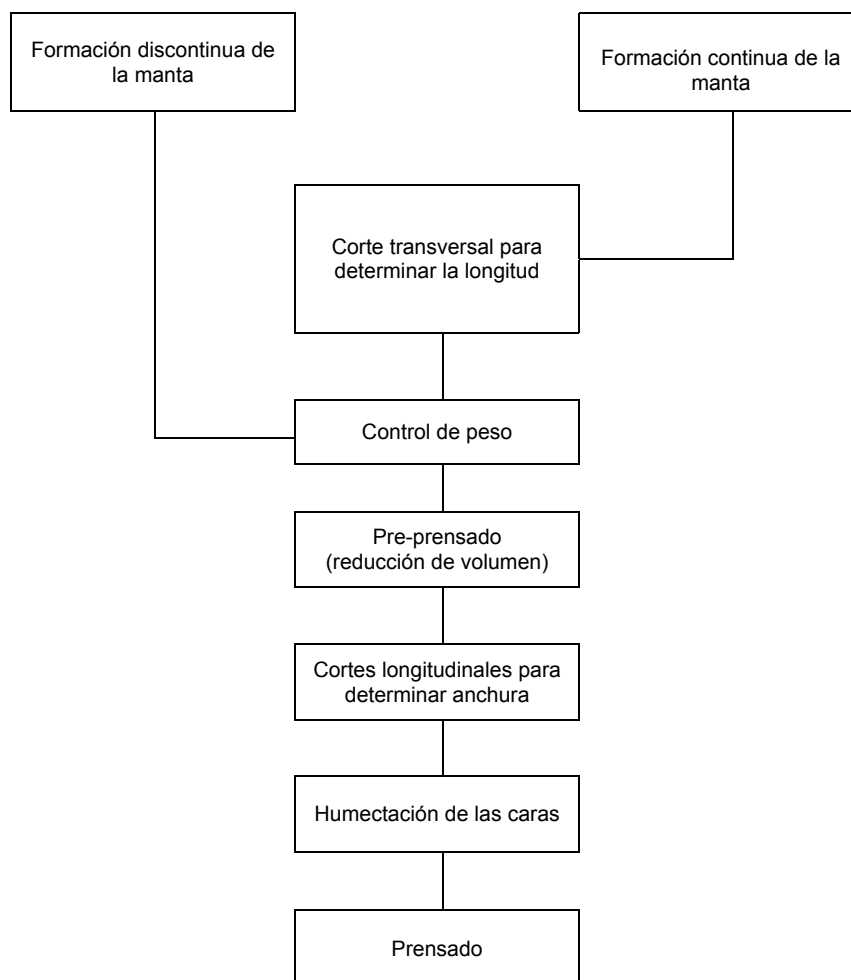
La placa o bandeja que soporta la manta se pone en movimiento, siguiendo la dirección longitudinal (como si fuera una cinta transportadora) y va « pasando debajo de las esparcidoras. La 1 y la 4 forman las capas externas y la 2 y la 3 la capa central.»<sup>1411</sup>



<sup>1411</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 140.



El proceso a partir de aquí es el siguiente<sup>1412</sup>:



#### 7.3.2.5.5 Preprensado y prensado.

El preprensado es un paso previo en frío al prensado caliente final. Con él se reduce el volumen de la manta en la mitad y facilita las posteriores manipulaciones.

Al principio se usó lo que se llamaban “prensas planas”.

Posteriormente, la mayoría optó por la utilización de “prensas de plato múltiple”.

Con este tipo de prensado las partículas aglutinadas se colocan formando capas paralelas a las caras del tablero.

---

<sup>1412</sup> Vid. Antonio Camacho Altaya,, op. cit., pág. 141.

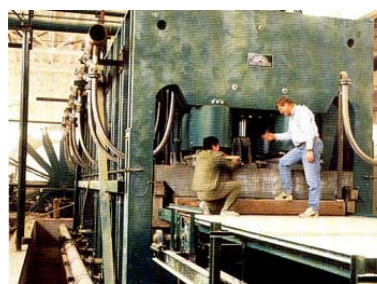
Se alimenta una prensa caliente con gran cantidad de mantas, para economizar energía y tiempo.

Con el calor emitido por la prensa, la resina funde y la presión (de unos 20 Kg/cm<sup>2</sup>, aplicada en sentido perpendicular a la superficie del tablero)<sup>1413</sup> hace que penetre por todos los espacios huecos que hubiere, compactando



Single Opening Presses for wood based panels.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy

así la  
manta y  
reduciendo  
su volumen  
considerabl  
emente a  
la vez que  
aumenta



Single Opening Press.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

su densidad, y se deja fraguar la resina.

Con este prensado el tablero ofrece la mayor resistencia en sus caras.

Existe otra posibilidad de prensado que es el procedimiento de extrusión y que nace con posterioridad al prensado plano. Hablamos de él más adelante en la clasificación según tipo de prensado.



Prensa de tableros Class1Press.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

El último modelo en la serie de prensa de apertura simple se denomina Class1Press™. Sunds Defibrator Class1Press™ se diseñó específicamente para los cambios rápidos de parámetros de la producción, dominando los cambios en la longitud y anchura de la estera, el espesor del tablero exacto y el ciclo de prensado rápido.<sup>1414</sup>

<sup>1413</sup> Prensado plano.

<sup>1414</sup> Si se desea obtener información más detallada de estas prensas, junto con esquemas explicativos, sería interesante consultar la información técnica ofrecida por Valmet: “Class1press™ for modern panelboard production” y “Single opening presses for wood based panels”, Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.

Con el control electro-hidráulico de gruesos, el espesor del tablero se controla con precisión independientemente en las secciones diferentes de la prensa.<sup>1415</sup>

#### **7.3.2.5.6 Acondicionado posterior al prensado.**

Los tableros se pueden estabilizar de dos maneras:

- a) Artificialmente, en pocas horas.
- b) Naturalmente, en unos días.



Control de calibrado de espesor después del prensado en caliente.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



**CoolMaster™**  
**360° Cooling Wheel**

Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

Hay que devolverles a los tableros el contenido de humedad apropiado para su aplicación, porque durante el prensado con calor, perdieron parte de ella.

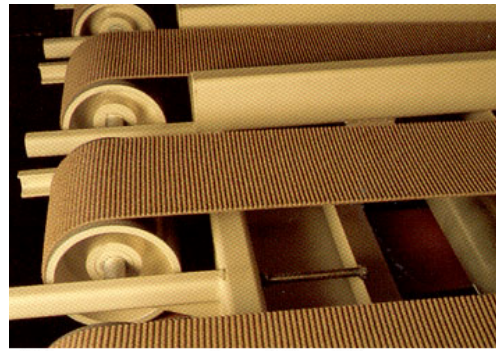
Después de refrescar y arreglar los tableros se apilan mediante un sistema muy sofisticado de almacenaje, antes de la línea de lijado.

---

<sup>1415</sup> Para información más completa vid. “The new medium capacity particleboard process”, consultar información técnica de Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.



Cinta transportadora.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



Cinta transportadora (Detalle).  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

#### 7.3.2.5.7 Acabado: Dimensionado, Canteado, Lijado...

Existen controles magnéticos, para detectar partículas metálicas; controles de dimensiones, de lijado, etc.

Asimismo existen controles de acoplamiento de tableros: si se produjeran uniones de tableros han de dejarse juntas de dilatación de 1-2 mm por metro lineal de tablero.

#### 7.3.2.5.8 Expedición. Distribución.

El almacenaje previo a su distribución debe producirse haciendo descansar los tableros sobre bases planas, limpias y libres de humedad para así procurar que los tableros no flexen y se deformen.

Deben almacenarse con las caras paralelas a la base sobre la que vamos a almacenarlas y protegidos de los agentes atmosféricos (lluvia, sol, humedad, etc.).

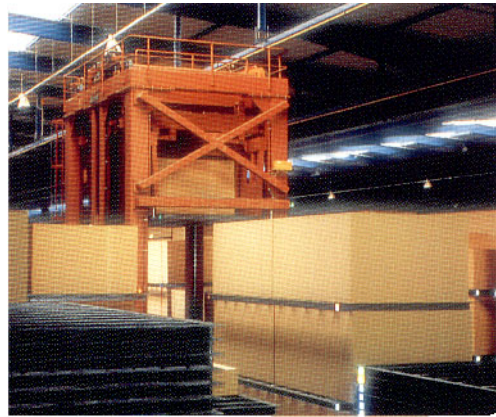


Máquinas lijadoras.  
Cortesía de Valmet Panelboard





*Plaxil S.p.A., Osoppo, Italy*  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



*Kronotex GmbH,  
Wittstock, Germany*  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

Apilado de tableros

### 7.3.2.6 Clasificación

Como con la mayoría de los tableros que se comercializan, con los aglomerados de partículas podemos establecer muchas clasificaciones que dependerán de los materiales a usar, la forma de fabricación, la conformación interna de sus partículas, del peso específico, de su acabado superficial, de si poseen o no otros tratamientos: Ignífugos, hidrófugos, en este caso, de la emisión de formaldehído, etc. Todo va a depender de lo que necesitemos destacar. Lo que es evidente es que las posibilidades son



A. R. Penck.  
Sin título (grupo de amigos), 1964-65.  
Óleo sobre aglomerado.

muchas y por eso es imposible establecer una clasificación absoluta.<sup>1416</sup>

#### **7.3.2.6.1 Clasificaciones según las normas UNE.<sup>1417</sup>**

- Según el proceso de fabricación.
  - De prensado plano.
  - De prensado por cilindro.
  - De extrusión:
    - Macizos.
    - Tubulares.
- Según el acabado superficial.
  - No lijados.
  - Lijados o cepillados.
  - Revestidos (revestimiento líquido, por ejemplo pintura).
  - Revestidos bajo presión con un material sólido (por ejemplo chapas de madera, papeles decorativos impregnados, laminados decorativos termoestables).
- Según su forma.
  - Planos.
  - Con superficie moldurada.
  - Con cantos mecanizados.
- Según la forma y tamaño de las partículas.
  - Tablero de partículas.
  - Tableros de virutas (Waferboard).

---

<sup>1416</sup> Vid. norma UNE-EN 309: *Tableros de partículas. Definición y clasificación*. 309: *Tableros de partículas. Definición y clasificación*.

<sup>1417</sup> UNE-EN 309: *Tableros de partículas. Definición y clasificación*. 309: *Tableros de partículas. Definición y clasificación*.

- Tableros de virutas orientadas (OSB).
- Tableros de otros tipos de partículas (por ejemplo fibras de lino).
- Según la estructura del tablero.
  - Tablero monocapa.
  - Tablero multicapa.
  - Tablero de distribución continua de partículas.
  - Tablero de extrusión (tubulares).
- Según el uso.
  - Tableros para usos generales.
  - Tableros para utilización interior en ambiente seco.
  - Tableros estructurales para utilización en la construcción:
    - En ambiente seco.
    - En ambiente húmedo.
  - Tableros especiales:
    - Tableros estructurales de altas prestaciones.
    - Tableros de resistencia mejorada frente a ataques biológicos.
    - Tableros ignifugados.
    - Tableros para aislamiento acústico.
    - Otros.



Core flakes de Valmet .(partículas de la capa de corazón).



Surface flakes de Valmet .(partículas de las capa de cara o superficie).



Obsérvese el tamaño tan enorme de las partículas situadas en las caras del tablero. Compárese con el tamaño de las partículas de las caras de los tableros aglomerados desnudos actuales.



Tablero aglomerado desnudo. 13mm. 3 capas. Años 60.



Tablero aglomerado. 4 mm.





Tablero aglomerado desnudo. 10mm. 3 capas.



Tablero aglomerado. 30 mm, de Valmet.



Tablero aglomerado BONTG. 16mm. Interbon, S.A.



Tablero aglomerado. 16mm, de Valmet.



Tablero aglomerado rechapado pino por las dos caras. 15mm.



Tablero aglomerado BON KT.  
16mm rechapado madera.



Tablero aglomerado rechapado. 16mm, de Valmet.



Tablero aglomerado rechapado. 16mm, de Valmet.



Tablero aglomerado  
rechapado de formica. 19mm.



Tablero aglomerado BON PRINT.  
5mm rechapado blanco.



Tablero aglomerado CONTIMEL.  
5mm rechapado blanco.



Tablero aglomerado rechapado. 16mm, de Valmet.



Jonathan Borofsky.  
Cuadro con piragua a 2.491.537, 1978.  
Acrílico sobre aglomerado, dos partes.

#### 7.3.2.6.2 Clasificación según la FAO (Informe de 1959).<sup>1418</sup>

Tipos de tableros		Densidad
Tablero de madera aglomerada	De baja densidad (tipo aislante).	0,25 – 0,40
	De densidad media	0,40 – 0,80
	De gran densidad (tipo duro)	0,80 – 1,20

##### ***Tablero de madera aglomerada de baja densidad (tipo aislante).***

(Low density particle board) (Insulating-type particle board).

En este tipo la densidad 0,40 corresponde a los tableros tubulares o huecos y pueden llegar a espesores de 100 mm si se prensan y se les aplica alta frecuencia para que fragüe la resina.

Estos tableros obtenidos por extrusión sólo pueden utilizar el mismo tamaño de partícula en todo su espesor.

<sup>1418</sup> “Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada, *Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959, pág. 8.

**Tablero de madera aglomerada de densidad media.** (Medium density particle board).

Son los que se fabrican en mayor cantidad.

**Tablero de madera aglomerada de gran densidad (tipo tablero duro).** (High density particle board) (Hardboard-type particle board).

Solo se fabrica en prensas de platos planos.

Se emplean tamaños de partícula tipo harina de madera o fibra de madera.

#### **7.3.2.6.3 Por el tipo de prensado empleado en la fabricación.**

(Según la disposición o conformación de las partículas visto el tablero en sección).

##### **- Prensado plano (PP).**

Obtenemos lo que se llama “tablero de partículas planas” (partículas paralelas a las caras) o “tableros de madera aglomerada prensados en platos planos” (Flat-platen pressed board).

Al disponer las partículas (de forma plana) en capas y posteriormente prensarlos, las astillas se ordenan adoptando una posición paralela a la superficie.

Este tipo de prensado hace los tableros aptos para todo tipo de muebles y carpintería de interior, aunque los idóneos suelen ser los de cinco capas o los de distribución continua.

Ya en los años 50 se ideó un proceso continuo de fabricación por medio de platos planos.<sup>1419</sup>

---

<sup>1419</sup> En 1959 ya había fábricas con este sistema.



- **Tablero homogéneo. Tablero de capa única. Tablero aglomerado de una capa.**

(Conformación uniforme): Una sola capa. Están compuestos por partículas de tamaño semejante y normalmente son de la misma especie. Dichas partículas se distribuyen de manera homogénea en todo el tablero.

Su superficie suele resultar algo basta por el tamaño de las partículas y esto determina sus posibles acabados:

«Este tipo [de tablero] resulta aconsejable para recibir chapas de madera o laminados plásticos, no así para pinturas»<sup>1420</sup>

*Tablero homogéneo (PP/Y).*

Está formado por una sola capa regular y tiene gran resistencia a la tracción.

*Tablero homogéneo (PP/X).*

Está formado por una sola capa regular y tiene gran resistencia a la flexión.

Suelen ser los tablero menos gruesos del mercado, cuya fabricación se realiza en continuo.

Productos comerciales:

“Turopan” [Móstoles Industrial, S:A. División Tableros Cella (Teruel)].

- **Tablero de capas múltiples. (PP/M). Tablero multicapa.**

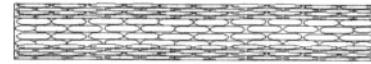
(Conformación multicapa.)

La forma de las partículas y sus características varían en cada capa formando una estructura simétrica.

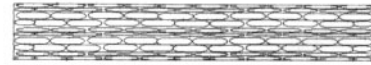
---

<sup>1420</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 37.

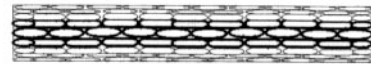
Formando 3 capas. [Tres capas y gran resistencia a la tracción: PP/3X]. El más conocido es el de 3 capas, pero también los hay de 5. Se les denomina “Three layer particle board”.



De tres capas.



De capa múltiple.



De densidad graduada.

Normalmente consta de un alma compuesta por partículas gruesas (a veces incluye recortes, corteza y polvo) y de 2 ó 4 capas en la superficie (según sean de 3 ó 5 capas) que contienen partículas mucho más finas, de mejor calidad y que conforman capas de mayor densidad que el alma, cuestión que hace su superficie diferente a la de los tableros homogéneos desnudos.

«Las placas exteriores tienen una alta proporción de resina, lo que da lugar a una superficie suave apta para recibir la mayor parte de los acabados».<sup>1421</sup>

Las partículas de superficie son de mejor calidad y así se mejora la resistencia.

Su estructura es la siguiente:

- Dos capas que forman las caras y representan el 30%, entre las dos, del tablero.
- Un alma o capa interior que representa el 70% del total.

#### *Productos comerciales:*

Tablero aglomerado grueso “Bon” de Interbon, S.A.: Producto indicado para todo tipo de recubrimientos en la industria de la construcción, mueble, etc. Admite recubrimientos de chapas de madera natural, sintéticas, papeles melamínicos, PVC, etc.

Medidas standard:

---

<sup>1421</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 37.

- 5100 x 2100
- 3825 x 2100
- 2550 x 2100
- A medida (cut-to-sizes).

Espesores: 10, 13, 16, 19, 22, 25, 30, 35 mm.

Densidad, según UNE EN 323:

- Tableros de 13 a 20 mm :  $\geq 640 \text{ Kg/m}^3$ .
- Tableros >de 20 a 25 mm :  $\geq 620 \text{ Kg/m}^3$ .
- Tableros >de 25 a 32 mm :  $\geq 600 \text{ Kg/m}^3$ .

Hinchamiento: (según UNE EN 317)  $\leq 18\%$ .<sup>1422</sup>

- **Tablero con distribución continua de partículas (PP/DC). Tableros con clasificación continua de partículas.**

(Aglomerado de densidad graduada)

De densidad graduada o progresiva estratificación estructural: Aquí las partículas más delgadas están cerca de la superficie en tanto que las mas gruesas se encuentran en el centro del tablero.

La forma y característica de las partículas se van modificando de manera continua y progresiva, es decir, el peso de las partículas más groseras a las más finas se da por medio de una transición y no de manera brusca como ocurre con los multicapas. Esto es difícil de conseguir y se confunden con los multicapas.

Son los más utilizados en la actualidad.

- **Extrusión (PE).**

Otras denominaciones: (Extruded hardboard). Tableros estirados.<sup>1423</sup> Tableros de madera aglomerada fabricados por extensión (estiramiento a presión). Tablero de madera aglomerada prensado por extrusión.

<sup>1422</sup> Otras propiedades (resistencia, etc.) pueden verse en las correspondientes normas UNE y en las hojas técnicas de la firma Interbon, S.A.

<sup>1423</sup> El término aparece en A.W. Taylor, op. cit., pág. 395.



Obtenemos lo que se llaman *tableros de partículas dispares*<sup>1424</sup> o *partículas dispuestas desordenadamente*.

Se denomina así al tablero que posee la mayoría de sus partículas orientadas perpendicularmente a la superficie de sus caras.

Este nuevo procedimiento entró a formar parte de la fabricación de tableros por las investigaciones que se llevaron a cabo en Alemania entre 1947 y 1949.<sup>1425</sup>

En ese aparente desorden muchas de las partículas adoptan posiciones perpendiculares a las caras después de efectuada la presión ejercida para la formación del tablero. Esto acarrea un problema y es que con esta disposición el tablero no tiene mucha resistencia a la flexión<sup>1426</sup>, por eso suelen salir revestidos o rechapados de fábrica.

En 1959 existían ya 35 fábricas en todo el mundo. Tuvieron tanta aceptación porque el montaje de las fábricas era más barato que el montaje por el otro sistema.

Su uso derivó en la fabricación de almas para tableros compuestos, para la fabricación de muebles.

Este sistema cayó en desuso por la baja resistencia de los tableros a la flexión y obligaba a que salieran de fábrica recubiertos.

- **Tablero macizo (PE/M).**

Otras denominaciones: **Tablero laminado en continuo. Tablero fabricado en continuo. Tablero aglomerado delgado.**

- Fabricados en continuo, con partículas de madera encoladas igualmente con resinas sintéticas.
- Suelen venir rechapados con chapas naturales, sintéticas, PVC, papel melamínico y finish foil. Se usan en puertas, embalajes, curvados, etc.

---

<sup>1424</sup> A veces reciben el nombre de “conglomerados” a secas.

<sup>1425</sup> A.W. Taylor, op. cit., pág. 394. Véase la descripción que hace del sistema.

<sup>1426</sup> Aunque si mayor resistencia a la tensión que los aglomerados de prensado plano.

- De este tipo tenemos el tablero Bon-del (de Interbon):<sup>1427</sup>

- Dimensiones:

Longitud: desde 600 mm cualquier medida.

Anchura: 1350 y 2100 mm.

Espesores: 3/ 3,5/ 4/ 4,5/ 5/ 6/ 7 / 8/ 9/ 9,5 mm.

También a medida.

- Densidad:

De 3 a 6 mm  $\geq 680 \text{ Kg/m}^3$ .

De 6 a 9 mm  $\geq 660 \text{ Kg/m}^3$ .

Su fabricación consiste en hacer pasar las partículas, previamente encoladas, a presión por unos conductos calientes, con la forma del tablero, de manera que a la salida de dichos conductos se origine una banda continua que puede ser cortada a voluntad.

Una característica importante es que pandean con mucha facilidad por esos hay que tener cuidado con el uso a que se destinan.

Aún recubiertos por ambas caras, debe evitarse practicar cualquier tipo de ranura perpendicular a las caras.

Un tablero macizo de fibras perpendiculares a sus caras, que también se fabrica en hueco o tubular es el:

- **Tablero Profilecore™ “macizo”:**

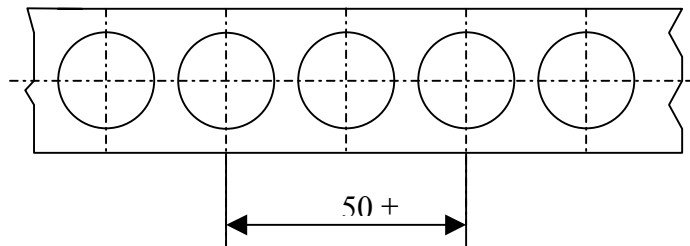
- Es de la empresa Sauerland.
- Se utiliza como retardante a las llamas en la fabricación de puertas.
- Ofrece alta resistencia a los impactos y grandes presiones por la posición vertical de las astillas.

---

<sup>1427</sup> Para información más detallada véanse las hojas de información técnica editadas por Interbon, S.A., correspondientes al “Tablero Bon-del”, Interbon, S.A. ,Burgos, 2000.

○ **Tablero hueco (PE/H).**

Otros nombres utilizados: **Tableros tubulares huecos. Tableros de partículas dispares con alvéolos tubulares. “Flautas”.**

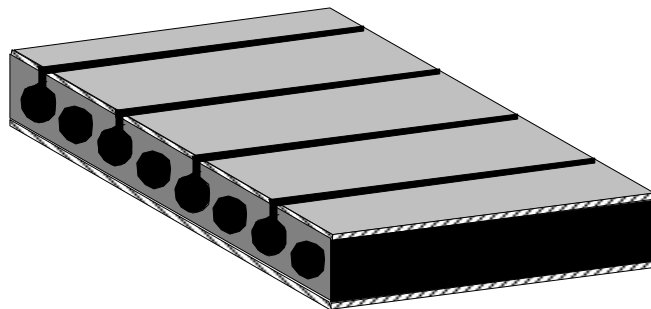


Su fabricación es similar a la de los tableros macizos, pero las partículas se prensan alrededor de unos cilindros que confieren su forma al tablero.

Estas oquedades tubulares aligeran peso del tablero.

Grososres: de 23 a 120 mm.

Utilidad: tabiques, techos, puertas...



Un tipo especial de tablero tubular se empleó como aislamiento acústico en paredes.

Productos que se comercializan:<sup>1428</sup>

- **Tablero Profilecore™ “tubular”.**

- Tablero aglomerado por extrusión.
- Menor peso.
- Espesor de gran precisión.
- Resistencia al fuego y aislamiento acústico.
- Estabilidad dimensional.

<sup>1428</sup> Vid. “Puertas multifuncionales para insonorización y resistencia al fuego”, *Aitim*, nº 216, marzo-abril, Aitim, Madrid, 2002, págs. 8-10.

- Se utiliza en la fabricación de puertas con interior tubular (equivale a alta resistencia).

- **Tablero Tubecore™:**

- Buena estabilidad.
- Poco peso (el 50% menos que los macizos).
- Resiste presiones de hasta 20Kg/cm<sup>2</sup>.

También en la construcción se emplean unos tableros parecidos a estos pero realizados con yeso y reforzados (o mallados) con fibra de vidrio, prensados al vacío y machihembrados, como los tabiques “Panelssystem” de la empresa Tabiquería 2000.<sup>1429</sup>

#### **7.3.2.6.4 Por el peso específico.**

Podemos dividirlos en tres clases:

- **Pesados:**

- Denominados con la letra P.
- Son tableros de alta densidad: 751 Kg/m<sup>3</sup> en adelante.

- **Semipesados:**

- Denominados con SP.
- Son tableros de densidad media: de 451 a 750 kg/m<sup>3</sup>.

- **Ligeros:**

- Denominados con L.
- Son tableros de baja densidad: de 250 a 450 kg/m<sup>3</sup>.
- Sus partículas están muy poco compactadas por lo que se usan como aislantes acústicos.

---

<sup>1429</sup> Editeco, nº 139, junio, 1998, Ediciones especializadas, S.A. (EDIESPA), Madrid, pág. 25.

#### **7.3.2.6.5 Según acabado superficial:**

Según el acabado de sus caras vamos a tener dos grupos muy importantes: los tableros aglomerados desnudos y revestidos. Los tableros desnudos pueden presentar a su vez las caras lijadas o sin lijar, en función del uso a que vayan destinados y pueden ir, o no, impregnados o tratados con una serie de productos que les confieren características diferentes a las que poseían, tendientes a mejorar sus prestaciones; ignifugado, hidrofugado, etc.

##### **- Tablero aglomerado de partículas desnudo.**

Son los tableros, quizá, más conocidos por el aspecto característico de sus caras y el más joven del trío de tableros más populares: tableros contrachapados, de fibras y aglomerados de partículas.

Dentro de este grupo podemos clasificar varios tipos en función de algún tratamiento aplicado o no.

Los más comunes son:

##### **o Tablero estándar.**

Es el tablero más sencillo y económico.

Lo configuran los materiales característicos de todo aglomerado de partículas: material lignocelulósico y adhesivos fundamentalmente.

Algunos fabricantes embeben de parafinas o ceras las caras del tablero y de esta manera a la vez que mejoran su aspecto superficial, reducen la absorción de humedad. (Esto puede ser contraproducente si pretendemos aplicar aparejos con disolvente o aglutinante acuoso).

Sabemos que el rango de espesores de estos tableros es muy amplio, pero dentro de ellos existen unos tableros especiales por su delgadez.

##### **o Tablero resistente a la humedad (hidrófugo).**

Estos tableros han recibido un tratamiento que los hace resistentes a la humedad.

“Su comportamiento (el del tablero) a la humedad se ha mejorado. La resistencia del encolado a la acción del agua se mide por la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero después de un proceso de inmersión en agua. Su resistencia a la tracción y su hinchazón después de someterlo a una prueba de envejecimiento acelerado son mejores que los de los tableros de partículas normales”.<sup>1430</sup>

Son de color verde.

Que sean resistentes a la humedad no quiere decir que puedan emplearse en situaciones de humedad excesiva (exponerles sin protección al exterior, por ej.). Los tableros no deben sobrepasar una humedad del 18%. Simplemente son tableros que pueden mantener algo mejor sus propiedades en medio húmedo (resistencias mecánicas a la flexión, tracción, estabilidad dimensional, resistencia al ataque de hongos).<sup>1431</sup>

Las resinas con las que se fabrican son de tipo fenólica (de color tostado) o del tipo Melamina.

Los tableros resistentes a la humedad no pueden exponerse directamente a la humedad, para ello debería protegerse con baños impermeabilizantes con PVC o con tejidos impermeabilizantes, pero siempre habrá unas zonas más débiles que son los cantos y que deben protegerse mucho mejor.

Las características físico-mecánicas pueden consultarse en la norma UNE 56747:1987. *Tableros de partículas hidrófugos T-313. Características físico-mecánicas.*

Productos comerciales: “Fortypan” [Móstoles Industrial, S.A. División de tableros CELLA (Teruel) ] En 1986.

- **Tableros ignífugos.**

No hay variaciones en sus propiedades físico-mecánicas con respecto a los tableros standard, pero su comportamiento al fuego ha sido mejorado.

Tienen coloración roja.

---

<sup>1430</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994.pág. 167.

<sup>1431</sup> Gran Enguix, op., cit., pág. 194.

- **Tableros con un determinado contenido de formaldehído.**

Este contenido viene expresado en mg de HCHO/100 gr de tablero seco.

- **Tableros aglomerados de partículas mixtas.**

En estos tableros se combinan dos de las mejoras expuestas anteriormente: en uno de ellos, los “tableros de partículas mixtas resistentes a la humedad e ignífugos”, se unen ambas propiedades para configurar este

tablero tan específico.

Existe otro tipo de tablero

aglomerado

mixto y es que se ha

visto

mejorada su

resistencia a la humedad y además posee un bajo contenido en formaldehído, son, lógicamente los “tableros aglomerados mixtos resistentes a la humedad y de bajo contenido en formaldehído”.



Tablero aglomerado ignífugo de 15 mm de grosor.

- **Tableros de partículas tratados contra agentes biológicos.**

El tratamiento aplicado a este tablero mejora su comportamiento contra xilófagos, tanto hongos como insectos, etc.

Además este tablero puede prestar servicios donde la humedad contenida en él alcance el 18-20 %.

Tiene coloración azul.

- **Tablero aglomerado de partículas recubierto o revestido.**

Podemos establecer una clasificación atendiendo a la función que desempeñan estos recubrimientos:

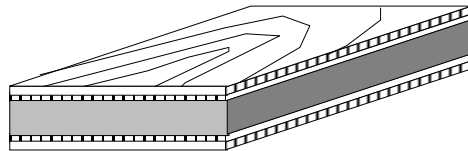
Marcas comerciales: de Fimsa: FIMAPLAST (Construmat-87). De

- **Función estructural.**

Es la denominada chapa estructural que aporta un aumento en las resistencias mecánicas, aunque es sabido que toda chapa aplicada a un tablero (estructural o decorativo) aumenta las resistencias mecánicas de los tableros.

Esto mismo ocurre con tableros como las de fibras, OSB, etc.

Suele usarse la chapa de madera para conformar tableros de cinco capas, siendo el alma de tablero aglomerado de partículas.



**Tablero de 5 capas**  
**(núcleo de madera prensada)**

- **Función decorativa**

Estamos ante los llamados “laminados decorativos”. Aquí la oferta suele ser amplísima: maderas nobles, laminados plásticos, pinturas, barnices, etc. Con imitaciones de veta o no, según necesidades.

- **Chapas de madera natural.**

Pueden utilizarse todas las especies obtenidas por desenrollo y a la plana, las mismas usadas para rechapar los otros tableros, sean nobles o no.

Estos tableros suelen venir lijados para poder barnizarlos sin problemas.

Los de mejor calidad obtienen sus chapas por desenrollo, a la plana o chapas de cuchilla.

Cuando se va a rechapar con maderas nobles se suele emplear el denominado chapeado de soporte o chapeado ciego:

En trabajos de gran calidad, a todo barniz, en los que hay que rechapar madera noble, se emplea el chapeado de soporte o ciego.

Este chapeado debe colocarse siempre de manera que quede atravesado a la chapa noble, pues de otro modo es casi seguro que se producirán grietas.



(...) Conviene proceder a dos chapeados previos de soporte, procurando que todas las chapas queden cruzadas.<sup>1432</sup>

El proceso de chapado es el que se describió en el capítulo referido a la “madera en chapa”, basten algunas recomendaciones:

Las chapas deben tener un grado de humedad del 10% (6% en el caso de que se chape una sola cara).

Deben chaparse las dos caras de manera que representen el mismo tipo.

En caso de chaparse una sola cara se tratará de poca superficie, o el elemento estará fijado sobre soporte rígido, lijándose la superficie del tablero (no es muy recomendable).

Las colas: Urea-melamina para chapados claros y resorcina o urea-melamina tintada para los oscuros.<sup>1433</sup>

❑ **Plastificados decorativos o chapas sintéticos de poliéster.**

Son materiales estratificados que resisten a los tableros y que van encolados a una o las dos caras.

❑ **Plastificados decorativos o chapas sintéticos de PVC o ABS.**

En ellas hay muy buenas imitaciones de textura, poros y veteados de todo tipo de maderas.

Los recubrimientos de PVC se encolan a los tableros soporte con colas de ACRILONITRILO, y encolando a doble cara.

❑ **Papeles impregnados con melaminas (en 1 o las 2 caras) o con resinas de urea-melamina.**

(Papeles de densidades medias y ligeros)

En la mayoría de los casos no es necesario aplicarles ningún tipo de tratamiento o acabado.

Se suelen emplear en situaciones en las que los tableros requieren mucha resistencia (muebles de cocina, tableros de dibujo...)

“Laminados plásticos estratificados”: Formica, Fantasit, Railite, etc. De Interbon, S.A. tenemos el tablero Bon-KT.

---

<sup>1432</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 216.

<sup>1433</sup> Grau Enguix, op. cit., pág. 215.

Papeles de 80 g/m<sup>2</sup>, que pueden llegar a 120 g/m<sup>2</sup> en el caso de tableros para puertas.

Estos estratificados sintéticos se obtienen por la impregnación de capas de celulosa con resinas sintéticas. Se superponen las capas y posteriormente, mediante presión y altas temperaturas, se produce su endurecimiento: «Se consigue una superficie lisa, por lo que requiere un lijado de ambas caras a encolar, o la aplicación de una capa de soporte de estratificado»<sup>1434</sup>.

Suelen encolarse con colas de POLICLOROXINA, RESORCINA Y ACRILONITRILO.

Pueden usarse estratificados laminados de media presión fabricados en continuo. Con alta resistencia superficial y fáciles de curvar en caliente hasta radios de 3 mm. Espesores de 0,5 y 0,7 mm. (Laminados “HBC” de Interbon, S.A.).

El tablero Barnicel, también de Interbon, por ejemplo, está recubierto por ambas caras con una película decorativa fundida en seco:

Consiste en papeles de alta calidad, tratados con urea melamina y una imprimación especial en superficie para facilitar el anclaje de barnices de poliéster, poliacrílicos, poliuretanos y lacas de nitrocelulosa o al ácido.<sup>1435</sup>

Otros recubrimientos de esta misma firma comercial:

- Tableros Bon-print. Se trata de tableros delgados, recubiertos en continuo a una o dos caras con papeles decorativos *finish*. Impregnados y lacados superficialmente, listos para ser utilizados sin tratamientos posteriores. Sus dimensiones son las siguientes: la longitud puede ser cualquiera pero a partir de 600 mm. Los anchos de 1300 y 2050 mm. También pueden hacerse a medida. Grosos: 3,5/ 4/ 5/ 6/ 7 y 8 mm.

---

<sup>1434</sup> Grau Enguix, op. cit., pág. 215.

<sup>1435</sup> Para información más detallada véanse las hojas de información técnica editadas por Interbon, S.A., correspondientes al “Tablero Barnicel”, Interbon, S.A., Burgos, 2000.

- Tableros Melatex. También es un tablero delgado, recubierto a una cara con papeles decorativos melamínicos, y una contracara con papel Kraft compensador o papel decorativo LB. Sus medidas: 2100 x 2250 y 2100 x 5100. Sus espesores: 3,5/ 4/ 5/ 6/ 7 y 8 mm.

- Tablero Contimel. También es un aglomerado delgado, melaminizado en continuo por ambas caras con papeles decorativos. Dimensiones: cualquier longitud superior a 1800 mm y anchos de 1325 mm.

#### ❑ **Recubrimientos fluidos.**

Lacas (poliuretánicas), barnices, pinturas (revestimientos de color uniforme o blanco.)

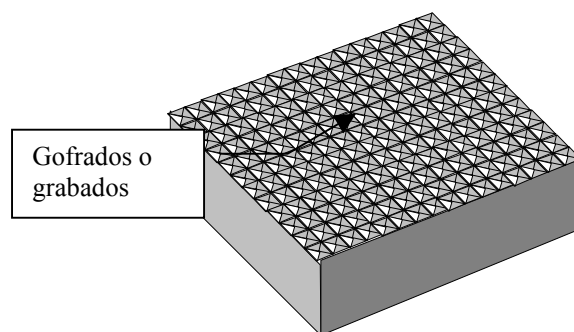
Los tableros que salen de fábrica recubiertos con lacas poliuretánicas son más fáciles y económicos de pintar porque así el tablero resulta mucho menos absorbente que el tablero desnudo.

El tipo de pintura a aplicar va a depender de varios factores:

Tipo de tablero: si tiene o no un tratamiento especial que le prepare para la pintura, tal como el revestimiento con papeles especiales, requiriendo una impregnación previa los que estén preparados. Necesita una capa de pintura acrílico-vinílica, si es muy básico. (...) Situación en la obra: interior o exterior. (...) Ventilación o no del tablero...<sup>1436</sup>

#### ❑ **De tipo especial y con recubrimientos particulares:**

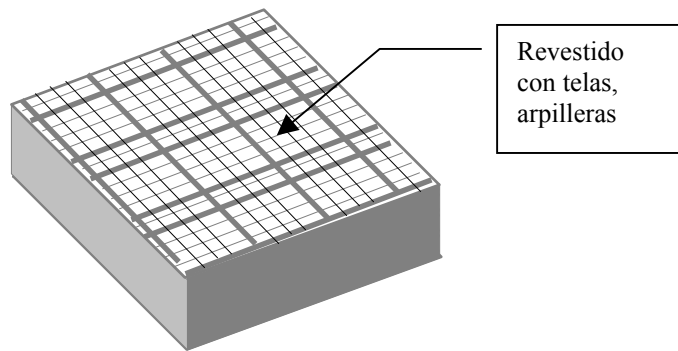
recubrimientos grabados o gofrados, tableros revestidos con arpilleras, telas, etc., encolados. Rechapados con placas de acero, cobre, papel fenólico, papel lacado...



También puede ser recubierto con linóleos.

---

<sup>1436</sup> Grau Enguix, op. cit., pág. 216.



#### 7.3.2.6.6 Clasificación en función de su uso, según la normativa europea.

- Para usos generales.
- Utilización en interior en ambiente seco.
- En la construcción:
  - + Ambiente seco.
  - + Ambiente húmedo.
- Tableros especiales.
  - + T. estructurales de altas prestaciones.
  - + T. de resistencia mejorada frente a los ataques biológicos.
  - + T. ignifugados.
  - + T. para aislamiento acústico.
  - + Otros.



Tablero aglomerado hidrófugo. 10 mm.

#### 7.3.2.7 Propiedades físicas.

Al ser un material fabricado con partículas de madera, parte de las propiedades originales de la misma se transmiten al tablero, aunque no ocurra lo mismo con otros:

Por efecto de las fuerzas de adhesión y cohesión de las líneas de cola las propiedades físicas de la madera se transmiten en mayor o menor grado a este nuevo material de construcción<sup>1437</sup>

<sup>1437</sup> Ramiro V. Puig Soler, op. cit., pág. 33.

#### 7.3.2.7.1 Peso específico o densidad.

Anteriormente, al hacer las clasificaciones de este tablero, establecimos una en función del peso específico, de tal manera que el abanico de densidades fluctúa de los 250 kg/m<sup>3</sup> a los tableros con densidades superiores<sup>1438</sup> a los 751 kg/m<sup>3</sup>. Todo dependerá de lo que necesitemos.

En los años 50, por ejemplo, las densidades producidas oscilaban entre los 400 y los 800kg/m<sup>3</sup>.

#### 7.3.2.7.2 Conductividad Térmica (aislamiento térmico).

Es un buen aislante térmico pues aísla bien del frío y del calor sobre todo en grosores de 32 mm.

$$\lambda = 0,07.$$

Como dijimos al hablar de la madera, la conductividad térmica es la propiedad que tienen los cuerpos de conducir el calor y se mide con un coeficiente (kcal/mh°C).

Varía según el peso específico y aumenta con él.

En condiciones de HR = 65% y temperatura 20°C se comporta como un aislante.

Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Coeficiente de conductividad térmica (kcal/mh° C)
800-600	0,16
600-500	0,13
500-400	0,11
400-300	0,9

---

<sup>1438</sup> Aproximadamente hasta los 800 kg/m<sup>3</sup>.

#### 7.3.2.7.3 Aislamiento acústico o fónico.<sup>1439</sup>

Espesor (mm)	Aislamiento acústico normalizado (DbA)
10-16	25
17-22	26
22-30	27

#### 7.3.2.7.4 Reacción y resistencia al fuego.

La reacción al fuego nos indica lo que un material aporta para que se propague el incendio mientras que la resistencia al fuego es el tiempo durante el cual el material en cuestión cumple el cometido para el que ha sido diseñado durante el incendio.

Reacción al fuego:

1) Materiales incombustibles M-0

2) Materiales combustibles:

M-1: no inflamables

M-2: difícilmente inflamables.

M-3: Medianamente inflamables.

M-4: Fácilmente inflamables.

M-5: Muy fácilmente inflamables.

Resistencia al fuego:

- Estable ante el fuego: (según el tiempo de resistencia mecánica durante la prueba).
- Corta-llamas: (según el tiempo de resistencia en cuanto al aislamiento a las llamas y ausencia de gases inflamables).

---

<sup>1439</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994, pág. 174.

- Corta-fuegos: (según el tiempo durante el cual además de las características anteriores, el material cumple la función de aislamiento térmico).

Según Camuñas, es un 25% superior a la madera de roble.<sup>1440</sup>

Puede aumentar su resistencia al fuego por medio de ignifugación.

Su reacción ante el fuego varía en función del espesor y la llama se propaga con una velocidad de 0,53 mm/min.

Como la madera y otros materiales derivados de ella, el tablero aglomerado es un producto combustible e inflamable, pero esto puede corregirse, hasta un límite, por medio de tratamientos ignifugantes.

#### **7.3.2.8 Propiedades mecánicas.**<sup>1441</sup>

Sus tensiones admisibles cambian conforme varían composición, grosor y humedad o estado higrométrico del tablero.

Su comportamiento es prácticamente uniforme en todas las direcciones, aunque en sentido transversal sea un 10% inferior al longitudinal<sup>1442</sup>.

##### **- Contenido de humedad.**

Al salir el tablero de fábrica debe tener una humedad del 9 ( $\pm 2\%$ ) y en el de los tableros resistentes al agua 9 ( $\pm 3\%$ ).

##### **- Variaciones dimensionales (Estabilidad dimensional volumétrica).**

Igual que la madera y los otros tableros, la humedad altera sus dimensiones, dilatando su grosor que no logra recuperarse aún después de secarse. Asimismo su longitud y anchura varían igualmente en función de las condiciones higrométricas ambientales: «Su grado de humedad altera sus

---

<sup>1440</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 334.

<sup>1441</sup> Grau Enguix, op. cit., pág. 192.

<sup>1442</sup> Ídem, pág. 181.

características dimensionales (largo y ancho) de una manera proporcionada y uniforme»<sup>1443</sup>.

Esto se amortigua con los tableros resistentes a la humedad.

Debe tenerse la precaución de colocar juntas de dilatación.

- **Resistencia a la tracción perpendicular a las caras.**

Presentan una resistencia a la tracción menor que los tableros contrachapados, recuérdese el sistema de fabricación de estos tableros y la orientación de sus chapas.

- **Resistencia a flexión.**

Ver normas UNE correspondientes.

- **Módulo de elasticidad.**

Oscila entre 20.000 y 40.000 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### **7.3.2.9 Patentes comercializadas en España.**

a) Novopan, con dimensiones de 4,13 x 1,83 m y espesores de 10 a 40 mm.

b) Tam, de 3,80 x 1,90 m y espesores de 5 a 32 mm.

c) Panelber, de 3,66 x 1,83 m y espesores de 8 a 25 mm.<sup>1444</sup>

Las patentes más conocidas son las “Novopan” y “Novapanel” (único aglomerado de 5 capas hacia 1966).

#### **7.3.2.10 Empresas que comercializan estos productos.**

Finsa, Tafisa, Tablicia Unemsa, Ecar.

#### **7.3.2.11 Productos comerciales.**

De Tafisa:

---

<sup>1443</sup> Gran Enguix, op. cit., pág. 194.

<sup>1444</sup> Cassinello, op. cit., pág. 80.



- (1985): Epanel, Panol, Sona. Y el tablero hidrófugo Epanel-H, para la industria de la construcción.

De Finsa: - Tablero de partículas standard: FIMAPAN.

(1987) - Tablero de partículas hidrófugo: FIMAPAN –H<sup>1445</sup>

[Construmat 87] - Tablero de partículas ignífugo: FIMAPAN - I<sup>1446</sup>

- Tablero de virutas finas: FIMAGEN.<sup>1447</sup>

### 7.3.2.12 Productos comerciales y terminología según la FAO, en 1957.

La tabla muestra la materia prima y el tipo de prensado utilizado para fabricar los distintos tipos de tableros. Se muestra, asimismo el nombre del producto comercial correspondientes a cada país.

<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b> (según tipo de prensado)
Argentina	Linex	Agramiza de lino	Platos planos
Australia	Chipcore	Madera (coníferas)	Extrusión
Austria	Chipcore	Madera (coníferas)	Platos planos
	Novopan	"	"
Bélgica	Durtex	Madera	Platos planos
	Durlin	Agramiza de lino	"
	Durmix	Madera y agramiza de lino	"
	Novopan	Madera	"
	Linex	Agramiza de lino	"
	Menotex	"	"
	Roalit	Madera	"
	Sonalex	Agramiza de lino	"
Brasil	Fibroplan	Madera (frondosas)	"
	Solidor	"	Extrusión
Canadá	Platewood	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
	Fiberply	"	"
	Plaswood	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
	Perma-Ply	"	Extrusión

<sup>1445</sup> Medidas standard: 3660 x 1830 mm, 2440 x 1220mm y 3660 x 1220 mm. Con grosores de 10, 13, 16, 19 y 22 mm.

<sup>1446</sup> Con tratamiento ignífugo en masa, se clasifica como M2, "Difícilmente inflamable". Medidas standard: 2440 x 1220mm y con espesores de 10, 13, 16, 19 y 22, 30 y 40 mm.

<sup>1447</sup> Es un tablero aglomerado de virutas finas, tanto en la capa exterior como en el alma (en vez de partículas), lo cual le permite una formación homogénea entre las capas, no habiendo casi diferencias entre las mismas. Posee así mayor densidad: 780, 760, 730, 720, 690, 680, 670, 660 y 650 Kg/m<sup>3</sup>. Medidas standard: 2440 x 1220mm, 3660 x 1220 mm, y 4880 x 1220 mm. Con grosores de 10, 12, 16, 19, 22, 25,30,35 y 40 mm.

<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b> (según tipo de prensado)
Chile	Mossopanel Mossoplac	Madera (frondosas)	Extrusión
Colombia		Madera (especies frondosas tropicales)	Platos planos
	Okal	"	Extrusión
	Premadera	"	Platos planos
Checoslovaquia		Madera (coníferas)	Platos planos
		Madera (frondosas)	"
Dinamarca	Novopan	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
Finlandia	Jlves (Lynx Board)	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
	Wisapan	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
	Okal	Madera (coníferas y frondosas)	Extrusión
			Platos planos
Francia	Baranit	Madera	Platos planos
	Fontex	Madera (coníferas y frondosas tropicales)	Extrusión
	Isopan	Madera (coníferas)	Platos planos
	Isolin	Agramiza de lino	"
	Linex	"	"
	Linoplac	"	"
	Linpanex	"	"
	Tavapan	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Vignafibre	Sarmientos de vid	"
	Panoxyl	Madera (frondosas)	"
	Panabois	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Compax	Agramiza de lino	"
	Novopan	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Tavarex	"	"
	Roufibrex	Madera (frondosas de zonas templadas y tropicales)	"
	Sarmifor	Sarmientos de vid	"
	Sipan		"
Alemania occidental	Berh-Spanholz Gebr. Aicher	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
	Hermal	"	"
		Madera (coníferas)	
	Allspan-Mittellagen	"	Extrusión
	Visón	"	Madera (coníferas)
	Telsa-Span	Madera (coníferas)	Madera (coníferas)
	Lino	Agramiza de lino	Platos planos
	Variantex	Madera (coníferas y frondosas)	"

<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b> (según tipo de prensado)
	Okal	"	Extrusión
	Rhenospan	"	Platos planos
	Neoplax	Madera (coníferas)	"
	Triangel	"	"
	CP-Platte	Madera (coníferas y frondosas)	"
	APS-Spanholzplatte (Rowi-Spanholz)	"	"
	Rifka-Spanplatten	"	"
	Rowi	"	"
	Wirus-Spanholz	Madera (frondosas)	"
	Okal	Madera	Extrusión
	Duroplan Struktoplan	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
	Berh-Spanplatte	"	"
	Novopan	"	"
	Teut	Madera	"
	Vowinckel-Platte	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Wepra	"	"
Indonesia		Alma (residuos de fibra de coco), Caras (madera, especies frondosas tropicales)	Platos planos
Israel	Sivit	madera (especies frondosas tropicales)	Platos planos
	Lucha-Siv	"	"
Italia	Okal	Madera (coníferas y frondosas)	Extrusión
	Novopan	"	Platos planos
	Cellsa	Madera (frondosas)	"
	Colli	"	"
	Curvi-Board	"	"
Japón	Sprintboard	Madera (frondosas)	Platos planos
	Iwakura Homogen	"	"
	Homogenholz Homotone Homogen line board	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Nagoya Board	"	"
	Nippon board	Madera (frondosas)	"
	Yamaha Fanci Board	Madera (coníferas y frondosas)	"
México	Perma Ply	madera (especies frondosas tropicales)	Extrusión
Países Bajos	Novopan	Madera	Platos planos
	Okal	Madera (coníferas y frondosas)	Extrusión
	Linex	Agramiza de lino	Platos planos
Rhodesia del Norte	Zambaboard	Madera (frondosas)	Platos planos

<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b> (según tipo de prensado)
Portugal	Aparita	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
El Sarre	Novopan	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
España		Madera	Platos planos
Suecia	Lennaskivan	Madera (coníferas)	Platos planos
	Lini	Agramiza de lino	"
	Abo	Madera (coníferas)	"
Suiza	Curvi-Board	Madera (coníferas)	Platos planos
	Tavapan		"
	Focospan	"	"
	Ricolors	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Novopan	"	"
	Homoplax	Madera (coníferas)	"
	Urphen	"	"
	Uropan		
Taiwán (Formosa)	THW	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
Unión Sudafricana	Novobord	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
	Patulite	"	Extrusión
	Resoply	madera (especies frondosas tropicales)	Platos planos
Reino Unido	Weyroc	Madera (coníferas y frondosas)	Platos planos
		Madera (coníferas)	"
	Berboard	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Plimberite	Madera (coníferas)	"
	Lydneyboard	Madera (frondosas)	"
	Bartrev	Madera (coníferas y frondosas)	"
EE.UU.	Flakeboard	Madera	Platos planos
	Parboard	Madera (coníferas y frondosas)	"
	Lebanite	Madera (coníferas)	"
	Lignaboard	Madera (coníferas y frondosas)	Tablero de madera aglomerada tipo duro. Platos planos
	Coos Bay Hardboard	Madera (coníferas)	"
	Prespine	"	Platos planos
	Granite Board	"	"
	Stylemaster	Madera (frondosas)	Extrusión
	Lanewood	"	"
	Flakewood	Madera (coníferas)	Platos planos
	Nu-ply	Madera (frondosas)	Tablero de madera aglomerada tipo duro. Platos planos
		Madera (coníferas)	Platos planos
	Tenex	Madera (coníferas)	Platos planos
	Plaswood	"	"

<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b> (según tipo de prensado)
	Resinwood	"	"
	Tru-wood	Madera (coníferas y frondosas)	
	Patchwood	Madera (coníferas)	"
	Novoply	"	"
	Weyerhaeuser 4-square	"	"
	Rezwood	"	"
	Wynnewood	"	"
Uruguay	Tablacurvi		Platos planos

### 7.3.2.13 Aplicaciones

Fabricación de puertas. Fabricación de muebles: incluso, en 1994, se fabricó la caja de un aparato de televisión con partículas prensadas de alta densidad. Muebles divisorios y mamparas. Base de cubiertas. Base de suelos. Divisiones interiores, tabiques. Falsos techos, etc.

Aplicaciones especiales para encofrados:<sup>1448</sup>

- Tab. Aglomerado de partículas standard: densidad de 600 a 700 Kg/ m<sup>3</sup>. Adhesivos: fenol-formaldehído, melamina.
- Tab. Aglomerado de partículas de Alta Densidad: (1989).
  - Fabricante AGEPAN HOLZWEKSTOFFE GmbH (del grupo GLUNZ): + tablero de 5 capas con una densidad de 750 Kg/m<sup>3</sup> (capa central) y 1.100 kg/m<sup>3</sup> (exteriores).

- Gramaje en la superficie de terminación:

130 gr.	330 gr.
200 gr.	360 gr.

- Medidas: 410 x 200 cm.  
550 x 200 cm.

### 7.3.2.14 Encolado a otros materiales.

Evitar la excesiva porosidad de otros materiales por medio de tapaporos o capa de sellado.

Si lo vamos a encolar con cemento, hormigón, fibrocemento o metales, pueden utilizarse colas de policloropreno o resinas epoxi, aunque, salvo el

<sup>1448</sup> ARRIAGA MARTITEGUI, Francisco, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994, pág. 166.

caso de los metales, también puede utilizarse colas o mastic de neopreno. En el caso de encolarlo a otros tableros derivados de la madera y a la madera maciza, podemos emplear las colas típicas para madera. Los metales, según la CTB francesa, también pueden encolarse con colas de Poliuretano, de resorcina y de urea-formaldehído.

### 7.3.3 TABLEROS DE FIBRAS.

Otras denominaciones: Tableros de fibras de madera. Madera recuperada. Tableros de residuos. Tablero aglomerado de fibras. Tablero aglomerado de pulpa de madera. Cartón-fibra. Tableros de pulpa de madera. Madera de fibra aglomerada normal. Madera fibrosa. Fiberboard. Fibreboard. Tableros duros.<sup>1449</sup> Tableros duros de fibras de madera. Wallboard.<sup>1450</sup> Tablero de fibras de madera prensadas<sup>1451</sup>. Materiales de fibra de madera. Placas duras. Placas de fibras. Planchas duras. Planchas de fibras. Chapas de fibra. Madera reconstituida. Tableros de residuos.<sup>1452</sup> Structural fibreboard.<sup>1453</sup> Tablero compacto. Tableros “Sundeala.”<sup>1454</sup> Chapa de madera prensada.

Pueden consultarse las siguientes normas:<sup>1455</sup>

- UNE-EN 316:2000. *Tableros de fibras. Definición, clasificación y símbolos.*
- UNE-EN 317:1994. *Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la hinchazón en espesor después de inmersión en agua.*
- UNE-EN 318:1994<sup>1456</sup>. *Tableros de fibras. Determinación de las variaciones dimensionales originadas por los cambios de humedad relativa.*
- UNE-EN 319:1994. *Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero.*
- UNE-EN 320:1994. *Tableros de fibras. Determinación de la resistencia al arranque de tornillos en la dirección del eje.*
- UNE-EN 321:1994<sup>1457</sup>. *Tableros de fibras. Ensayo cíclico en condiciones húmedas.*
- UNE-EN 382-1:1994. *Tableros de fibras. Determinación de la absorción superficial. Parte 1: Método de ensayo para tableros de fibras elaborados por proceso seco.*
- UNE-EN 382-2:1994. *Tableros de fibras. Determinación de la absorción superficial. Parte 2: Método de ensayo para tableros de fibras duros.*

<sup>1449</sup> La denominación “duros”, no debería emplearse de modo general ya que puede crear confusión con una clase concreta de tableros de fibras que son duros, frente a los semiduros, extraduros ...

<sup>1450</sup> Denominación totalmente obsoleta aplicada en los 1<sup>os</sup> tiempos de estos tableros en EEUU puesto que fue empleada en la construcción como “fibra prensada para paredes” y también llamado “tablero para tabiques o paredes”. Otro significado para ese término es del de “cartón de yeso”, que no tiene nada que ver. Wallboard es una patente sueca.

<sup>1451</sup> Denominación también aplicadas a los tableros aglomerados de partículas o astillas. También se les denomina a la inversa: “Tableros de fibras prensadas de madera”.

<sup>1452</sup> Valga también esta denominación para los aglomerados de partículas, astillas, etc.

<sup>1453</sup> Cuando está destinado para la construcción, habiéndose mejorado alguna de sus propiedades.

<sup>1454</sup> Nombre recibido de una marca comercial existente en el Reino Unido. Para más información vid. La clasificación que hizo la FAO en 1957, de estos productos, que se encuentra en este mismo capítulo.

<sup>1455</sup> Además de las normas aquí reseñadas, pueden consultarse desde UNE 56.727 a 56.739 y también DIN 4076.

<sup>1456</sup> En esta norma podemos ver dos aparatos para la medición de la variación dimensional (longitud) por cambio de humedad: el bastidor metálico y el medidor óptico.

<sup>1457</sup> Vid. también erratum UNE-EN 321/AC:1995.

- UNE-EN 622-1:1997<sup>1458</sup>. *Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 1: Especificaciones generales.*
- UNE-EN 622-2:1997. *Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 2: Especificaciones para los tableros de fibras duros.*
- UNE-EN 622-3:1997. *Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 3: Especificaciones para los tableros de fibras semiduros.*
- UNE-EN 622-4:1997. *Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 3: Especificaciones para los tableros de fibras blandos.*
- UNE-EN 622-5:1997. *Tableros de fibras. Especificaciones. Parte 5: Especificaciones para los tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF).*<sup>1459</sup>
- UNE 56303: 1999 EX<sup>1460</sup>. *Tableros derivados de la madera. Valores característicos para el cálculo estructural.*
- UNE 56710:1971. *Tableros de partículas. Ensayos. Determinación de la humedad.*
- UNE 56719:1985. *Tableros de fibras de densidad media. Características.*
- UNE 56720:1984. *Tableros de fibras de densidad media. Procedimientos de ensayo.*
- UNE 56743:1988. *Tableros de fibras duros. Determinación del estado de superficie.*
- UNE 56744:1988. *Tableros de fibras duros. Determinación del contenido de arena.*
- UNE 56744:1988. *Tableros de fibras duros. Determinación de la absorción de pintura.*
- UNE 56733. *Tableros de fibras duros. Definiciones.*
- UNE 56734. *Tableros de fibras duros. Preparación de las probetas para los ensayos.*

### 7.3.3.1 Definición.

Según la norma UNE-EN 316:2000, tablero de fibras, es todo material en forma de placa de un grosor nominal mayor o igual a 1,5 mm fabricado a partir de fibras lignocelulósicas, mediante la aplicación de calor y/o presión.

Son materiales fabricados a partir de materias fibrosas obtenidas de la madera u otros productos lignocelulósicos por medios mecánicos o químicos, con adición de aglutinantes externos en unos casos y sin adición en otros, pudiendo llevar impregnantes que modifiquen sus características,

<sup>1458</sup> Nos informa sobre las tolerancias dimensionales, contenido de humedad, de formaldehído de los tableros a la salida de fábrica. También sobre su espesor nominal, controles, ensayos, marcado de los tableros, códigos de color,

<sup>1459</sup> Se trata de varios tipos de tableros: Los tableros MDF.LA (Tableros estructurales para utilización en ambiente seco). Pueden consultarse los valores (densidad, flexión, tracción, etc.) en la Tabla 1 de la pág 8 de esta norma. Los tableros MDF.HLS (Tableros estructurales para utilización en ambiente húmedo). Pueden consultarse los valores (densidad, flexión, tracción, etc.) en la Tabla 1 de las págs. 8 y 9 de esta norma.

<sup>1460</sup> En esta norma se establecen los valores característicos mínimos para los tableros MDF según la norma UNE-EN 622.5.



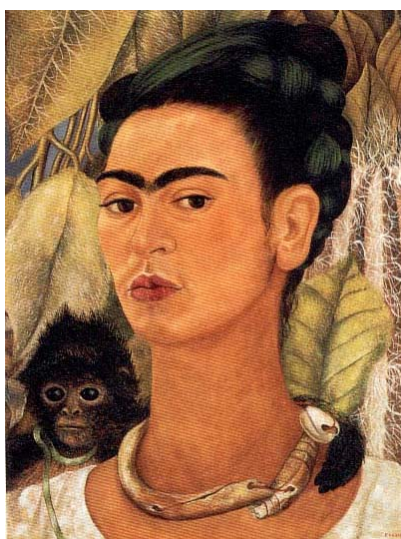
así como la presión y temperaturas proporcionadas y los posteriores tratamientos superficiales.

A esta industria y a la de los tableros aglomerados se les denomina “industria pesada del sector maderero”, por la importancia de las inversiones realizadas.

### 7.3.3.2 Historia.

Los primeros tableros de fibras consistían en capas de material celulósico unidas por medio de distintos aglutinantes: «se hacían cementando varias capas de papel cartón o de pulpa con silicato sódico, asfalto, brea, yeso, etc.»<sup>1461</sup>

Parece ser que con la patente Liman en 1858 se dan los primeros pasos serios en la fabricación de estos tableros.<sup>1462</sup>



Frida Kahlo.  
Autorretrato con mono, 1938.  
“Óleo sobre chapa de madera  
prensada.”

Las primeras experiencias (de lo que hoy conocemos como tableros de fibras) se realizan en EEUU hacia 1898 pero aún pasarían veinticuatro años y gran cantidad de experimentos<sup>1463</sup>, para que en 1922 Horatio Masson patentara un tablero de fibras denominado “Masonite”<sup>1464</sup> (nombre recibido de su inventor). Recibiendo distintos nombres según países y procesos: por ejemplo, «Suecia (...) acometió la fabricación de este material bajo patente “Defribator” [proceso], introducida en nuestro país con el nombre comercial de

<sup>1461</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 387.

<sup>1462</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 121.

<sup>1463</sup> Las placas aislantes fueron las primeras en fabricarse

<sup>1464</sup> “Masonite®”. Marca registrada de un tablero aglomerado que se hace tratando astillas de madera con vapor a alta presión y comprimiendo las fibras resultantes con calor para formar tableros rígidos. La fibra se impermeabiliza con una emulsión basada en parafina (Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 640). También se le ha denominado “Masolite”.

“Tablex”». <sup>1465</sup>En Alemania el proceso “ZEFASIT”<sup>1466</sup>

En 1927 comienzan en Europa los intentos por fabricar tableros de placas duras disminuyendo o eliminado el aglutinante.

En 1930 se desarrolla el tablero de fibras duro. Ese mismo año Finlandia comienza la fabricación del tablero de fibras<sup>1467</sup>.

En 1933 comienza la andadura, en Suecia, de una de las firmas más importantes del sector: Defibrator<sup>1468</sup>. En efecto, en ese año Arne Asplund, fundador de Defibrator, construye su primer Defibrator™:

Asplund estaba fascinado por las fibras, como cuando separó una de las otras, formó una hoja, entonces prensó entre platos calientes. La hoja tenía la misma fuerza de la madera original. Cuando examinó sus resultados al microscopio dijo: “era como si estuviera mirando dentro del futuro”.<sup>1469</sup>



Diego Rivera.  
Desnudo con lirios blancos, 1944.  
Óleo sobre “chapa de madera  
prensada”.

En 1937 comienza a fabricarse los primeros tableros de placas duras «sin aglomerantes, utilizándose exclusivamente como materias primas la madera y el sulfito en rama». <sup>1470</sup>

En 1959 aparece el tablero de fibras de densidad media (MDF), pero no se producen industrialmente hasta 1966 en Nueva York «(...)por la firma Deposit. Su tecnología fue desarrollada por Allied Chemical y Bauer Engineering. Conocida inicialmente como

<sup>1465</sup> Camuñas y Peredes, op. cit., pág. 336.

<sup>1466</sup> “Las dos primeras [Masonite y Defibrator] emplean una gran cantidad de resinas sintéticas como aglomerante y el último [ZEFASIT] utiliza una pequeña proporción de sustancias químicas para aglomerante y relleno (...)” (José L. Ramos, “Placas duras”, *Montes*, Año I, nº 4, Julio-Agosto, 1945, Montes, Madrid, pág. 218).

<sup>1467</sup> Cifras obtenidas de “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., págs. 25 y 31 y referidas al año 1992.

<sup>1468</sup> En 1979, Defibrator fue adquirido por Sunds y la empresa ya como Sunds Defibrator formó parte de Rauma Corporation.

<sup>1469</sup> Traducción personal de “An investor’s guide for Panelboard systems”, Sunds Defibrator, Stockholm, Sweden, 1999, pág. 7.

<sup>1470</sup> José L. Ramos, op. cit., pág. 218.

Alliad Chemical Baraboard, en 1981 pasó a llamarse Celotex.»<sup>1471</sup>

En España (en Valladolid) comienza la producción en 1951 por la firma “Tableros de fibras, S.A. (TAFISA)”, única industria existente en nuestro país durante algunos años, que explotaba la patente sueca, y que empleaba productos de origen nacional para su fabricación. En 1954, en Valencia, Novopan fabricaba estos tableros.

En esos mismos años (1954) por ej., existían en Finlandia ocho fábricas de tableros de fibras. Tres de ellos fabricaban tanto tablero blando como duro. En los años 50 EE.UU. se situaba a la cabeza en la producción, siguiéndoles después Suecia y Finlandia.

En 1959, existe una sola fábrica en España que utilizaba madera de coníferas, principalmente pino pinaster.

A principios de los años 70 sólo existen en España 2 fábricas de la empresa TAFISA y se proyecta fabricar otras dos en la Coruña.

AÑOS	FABRICAS
1976	4
1986	6
1990	7
1998	8

En 1976 Intamasa instala la primera fábrica de MDF de España, llegando a haber siete más en 1998.

En 1988 se creó una fábrica (Best Boards Ltd.) en Moradabad, Estado de Uttar Pradesh, India, que producía tableros M.D.F. utilizando el bagazo de la caña de azúcar como materia prima, con



Bagazo de la caña de azúcar.  
Cortesía de valmet panelboard Oy.

<sup>1471</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 121.

maquinaria de Sunds Defibrator AB<sup>1472</sup> y de la TEXPAN italiana.

En 1989 Tafisa lanza al mercado el tablero español de fibras DUOLITE, fabricado con tecnología de vanguardia del momento: Una prensa continua (calandria de 5 m de Ø y 2,44 m de ancho). Este producto tiene las dos caras lisas y es de color claro y fácilmente mecanizable. Está fabricado en pino.

1999, año importante en la industria de tableros tanto de partículas como de fibras<sup>1473</sup>:

- El grupo Sonae, en el que se encuentran las empresas de Tafisa, compra al grupo Glunz y se convierte en un gigante europeo.
- Otro grupo, Finsa absorbe a Intamasa y se convierte en otro grande.
- Otros importantes en Europa: Utrell, Interbón, Tablicia, Losán, etc.
- EE.UU. entra en Europa con Louisiana-Pacific Corp.
- Villamete compra MDF D'Aquitaine en Burdeos y Medite MDF en Irlanda.
- Egger, Fantoni, Kronospan pugnan en Europa.
- Sonae en Brasil.
- Maud Saviola en Argentina.
- Novopan en Ecuador.
- Fusión de Stora-Enso.

Ese mismo año España cuenta con ocho instalaciones para MDF. Italia posee ese año una firma ("Fantoni").que produce este tablero y que lo fabrica en dos instalaciones, una de las cuales está situada en Osoppo y es la mayor de Europa.<sup>1474</sup>

---

<sup>1472</sup> En la actualidad Valmet, miembro de Metso Corporation.

<sup>1473</sup> Según *Aitim*, N° 197, Enero-Febrero, 1999, pág. 6.

<sup>1474</sup> Para más información vid. "Evolución del MDF en 1999", *Aitim*, n° 207, Sept-oct, 2000, Aitim, Madrid, pág. 56.

### **7.3.3.3 Procesos de fabricación.**

Dos procesos se contemplan principalmente en la fabricación de estos tableros en función del uso o no de aglutinantes ajenos a la propia composición de la madera:

- Proceso húmedo (sin aglutinante.)
- Proceso seco (con aglutinante).

#### **7.3.3.3.1 Proceso de fabricación seco.**

Genera los tableros aglomerados de residuos y de fibra seca o semiseca.<sup>1475</sup>

La madera no se desfibra del todo y en su fabricación no se usan grandes cantidades de agua como en el método húmedo.

Este método es más económico que el proceso húmedo. Pero el tablero obtenido no presenta una gran resistencia.

Este método necesita de un aglutinante para unir las fibras de madera. Estos aglutinantes habituales son dos:

- Aglutinantes hidráulicos:

El material de partida es fibra, serrín, lana de madera, virutas, etc., de coníferas y el aglutinante puede ser cemento Pórtland, principalmente, aunque también se han usado cementos magnésicos y yeso.

Los materiales fabricados con esta mezcla (en una relación madera-aglutinante que varía de 5:1 a 1:1) son varios: ladrillos macizos, ladrillos huecos, pero sobre todo tableros.<sup>1476</sup>

---

<sup>1475</sup> La denominación “Tableros de residuos” data de los comienzos de la fabricación de estos tableros en España allá por los años 50.

<sup>1476</sup> César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, n° 57, Mayo-Junio, 1954, Montes, Madrid, pág.195-196.

- Aglutinantes sintéticos:

Los primeros experimentos se realizaron con todo tipo de colas de origen natural, que dieron resultados diferentes pero inadecuados. Las mejores propiedades las ofrecieron las resinas sintéticas, que son las que se usan actualmente, especialmente las de urea-formaldehído y fenol-formaldehído, en cantidades relativamente pequeñas (5%).

- Formador de la manta:

Tradicionalmente se ha usado la formación mecánica. Frente a ella se sitúa la tecnología neumática que genera un efecto de vacío creando de esta manera una manta más compacta y de mayor densidad por el entrelazado que se produce de las fibras.<sup>1477</sup> La única empresa que las comercializa es Valmet (antigua Sunds Defibrator) con la patente Pendistor®. Con esta máquina se consiguen resistencias un 50 o un 60% más altas.

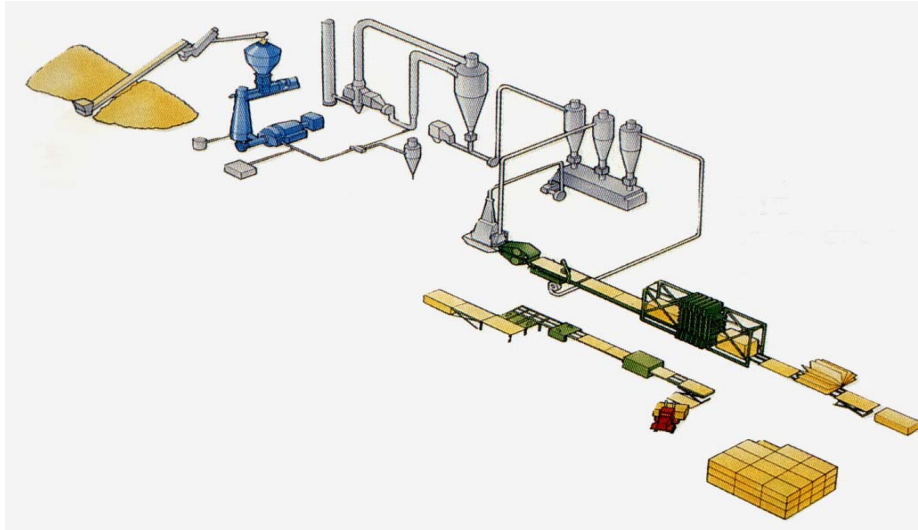
El proceso se realiza en la fábrica de la siguiente manera:<sup>1478</sup>

- **Alimentación:** Entrada de la materia prima en forma de troncos. Uno de los sistemas utilizado es el sistema de alimentación por tambor GentleFeed™ que no tiene cadenas y así evita la rotura y el atasco de los troncos.
- **Descortezado:** Eliminación de las cortezas de los troncos por medio del EasyTyre™ o tambor de cortezas (descortezadora de tambor) o por medio descortezadoras tipo cambium (las mismas utilizadas para la fabricación de los tableros de partículas. Las cortezas se emplean para producir energía para la planta.

---

<sup>1477</sup> Leif Larson, “Sunds Defibrator: Tecnología de formación de mantas con acondicionamiento de fibras”, *Aitim*, nº 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 50.

<sup>1478</sup> Comentamos un sistema seguido por Valmet en la fabricación del MDF por ser, quizá, la empresa más potente y avanzada técnicamente del sector. Puede ampliarse la información consultando la literatura técnica de Valmet: “MDF Manufacturing and Technology”, (MDF Industry Update’99), Valmet, Sweden, 1999, págs. 7–23.



Esquema línea de producción MDF .  
Cortesía Valmet Panelboard Oy.

- **Astilladoras:** Por medio del Gamura GS<sup>TM</sup>, que produce astillas homogéneas con una mínima cantidad de partículas de menor tamaño del idóneo.

- **Almacenado:** Las astillas se almacenan en silos cerrados. Las distintas materias primas se almacenan en silos diferentes, para luego proceder a la mezcla ideal.



Patio de fibras.  
Cortesía Valmet Panelboard Oy.

- **Lavado de las astillas:** Es esencial este lavado para producir tableros con un bajo índice de impurezas minerales.
- **Preparación de la fibra:** La clave del éxito está en usar fibras homogéneas, ni mayores ni menores. El sistema Defibrator<sup>TM</sup> consiste en un depósito alimentador de astillas, con un alimentador de tornillo, con un precalentador<sup>1479</sup>, etc.

<sup>1479</sup> Precalentado de 2 a 4 minutos y presión de 6-9 bar. El desfibrador puede ser un Defibrator M-54 o M-60 de Valmet.





Preparación de la fibra para MDF con Defibrators.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

El depósito alimentador de astillas se usa para pre-vaporizar las astillas a una temperatura de 80° C. Esto equilibra la humedad de la materia prima entrante y ablanda las astillas. Cuando se usan maderas blandas con su contenido natural de resinas, esta pre-vaporización facilita la expulsión de las resinas y los excesos de agua. De otra manera estas resinas producirán manchas en los tableros acabados.

Capacidad: de 5 a 35 ton./h. Para madera blanda.

- **Secado de la fibra:** Se utiliza el *Flakt* o secador rápido de dos etapas. Suelen ser equipos de grandes dimensiones:

After drying, the fibres, with the resin and wax mixed evenly on them, are formed into mattresses and then hot-pressed to produce the finished board.

The major new piece of equipment being installed is a 100-metre-long flash dryer. The heated platen press required to finish the MDF production process is already in use at the Clayton Laboratory.<sup>1480</sup>

- **Tamizado y acondicionado de la fibra:** Es necesario para eliminar el riesgo de trozos de adhesivo endurecido como el látex, etc. Que aparecen en especies como el árbol de la goma de Malasia y Tailandia y que pueden dañar la prensa. A la vez se acondiciona la fibra en cuanto a temperatura y humedad.
- **Encolado de las fibras:** Suele emplearse un sistema dosificador de la cola. Llamado Glue Kitchen<sup>1481</sup>. Es un modelo donde los productos químicos se introducen separadamente vía bombas individuales.

<sup>1480</sup> Jamie Hague, "Pilot plant will strengthen MDF research", *Onwood*, Autumn, n° 36, CSIRO Forestry & Forest Products, 2002, Australia, pág 1.

<sup>1481</sup> "In-Line Glue Kitchen", literatura técnica de Sunds Defibrator (antigua Valmet, ahora Metso.), Sundsvall,, Sweden.





Instalación de Pendistor en USA, para el formado de fibras para MDF.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

Los distintos componentes adhesivos son mezclados en un mezclador estático antes de ser inyectados dentro de la válvula de pulverizado o la línea de pulverizado después del Defibrator. Una receta perfectamente dosificada detalla las proporciones de resina, las de cera y demás químicos. La cera fundida es inyectada dentro del tornillo alimentador del Defibrator™. También puede utilizarse cera emulsionada. Flujo: desde 1 litro / minuto a 100 litros / minuto.

- **Formación de la estera o manta:** Hasta 1998 había en el mercado dos tipos de formadores: el formador de tipo mecánico y el Pendistor™. Un tercer tipo se introdujo ese mismo año: el Uniformer, de Valmet, que consiste en una cascada pendular que está situada debajo del alimentador rotatorio, una caja dosificadora hecha de contrachapado para evitar condensaciones, un cabezal formador con un bastidor con rodillos y una cinta transportadora de la manta de unos cuatro metros de longitud.
- **Precompresor:** Asegura que la prensa caliente reciba la manta con buena integridad sin tendencias superficiales al cuarteo.
- **Prensado caliente:** Para espesores entre 6 y 40 mm se utiliza la avanzada tecnología de prensado “multi-daylight”. Para espesores por debajo de 2,5 mm la prensa continua es una tecnología bien establecida. Hay prensas como la Küster™ Press que tienen una longitud de 27 m y de 38 m en los últimos modelos del año 2000.

La nueva Metso<sup>1482</sup> sacará al mercado su nueva prensa, tecnología puntera en la fabricación de tableros:

[Se trata de una] prensa continua con inyección de vapor para alta capacidad y fabricación flexible de tablero con densidad desde 250 a 1000 [kg/m<sup>3</sup>]. La instalación funcionará con vapor a 130° C que será inyectado en la alimentación de la prensa y permitirá el uso de resinas más respetuosas con el medio ambiente y sin que sean necesarios los prolongados tiempos de prensado de las instalaciones convencionales.<sup>1483</sup>

- **Manipulado y acabado:** Después del prensado existen diferentes líneas de acabado: Lukki™ sistema de almacenamiento intermedio<sup>1484</sup>, líneas automáticas de lijado. Gentlecut™, corte a medida de tableros, PPS™ líneas de recubrimiento con una sola lámina, líneas de empaquetado.

Los paneles maestros han incrementado su tamaño gracias al crecimiento de las capacidades productivas. Estos paneles pueden tener una anchura de 9' (2750 mm) a 10' (3050) y una longitud de más de 20' (6100 mm). Estos tamaños de panel no pueden moverse con carretillas elevadoras, para ello se emplea el sistema Lukki™.



Masonite Corporation, Ukiah, CA, USA.  
Sistema preparador de fibras Defibrator para tableros duros.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

#### 7.3.3.3.2 Proceso de fabricación húmedo.

Genera los tableros aglomerados de residuos y de fibras en húmedo.

Viendo la composición química de la madera observamos que la más importante sustancia cementante de las fibras es la lignina. Estas propiedades han hecho que la lignina se utilizase para la fabricación y/o mejora de propiedades de la madera y tableros derivados de ellos. Pues

<sup>1482</sup> Empresa sueca.

<sup>1483</sup> Carlos Baso López, "Ligna 2001. Nueva tecnología de prensado de Metso", *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, 2001, pág. 81.

<sup>1484</sup> La primera generación es de 1988.

bien esta característica adhesiva, que mantiene unida las fibras vegetales entre sí, fue clave para el desarrollo de estos tableros.

Realmente el proceso de fabricación es bastante similar a la fabricación del papel, en el que las fibras se entrelazan entre sí para formar la hoja sin ayuda de ningún aglutinante.<sup>1485</sup>

Desde sus orígenes hasta nuestros días, este tablero ha sufrido importantes transformaciones y ha evolucionado acorde a las necesidades surgidas.

Este tablero ha utilizado diferentes materias primas y modificando los procesos de fabricación para conseguir mejoras sustanciales en sus características y que han hecho de él un material casi insustituible en algunas industrias como las del mueble y construcción.

El proceso consiste en convertir rollizos, trozas, etc. en astillas de madera para proceder posteriormente al desfibrado de los mismos, por medio de los distintos procedimientos existentes. Este desfibrado consigue separar entre sí a las fibras pero sin deteriorarlas o desintegrarlas.



Fiber Mat Forming para la producción de tableros de fibras.

Cortesía de valmet Panelboard Oy.

---

<sup>1485</sup> Este sería el proceso básico pero puede procederse a un encolado en masa o superficial para variar las características absorbentes del papel o modificar propiedades.

	Medio usado	Material utilizado	Denominación
Métodos de obtención de fibras <b>Desfibrado</b>	Medios mecánicos (amolado)	Partiendo de troncos	Elaboración mecánica, Procedimiento <i>mecánico</i> o desfibrado mecánico. <sup>1486</sup>
		Partiendo de residuos	Procedimiento <i>mecánico con molino Biffar</i> .
	Por calor húmedo y molido	Partiendo de astillas.	<i>Procedimiento Defibrator</i> o desfibrado termomecánico. <sup>1487</sup>
	Por calor húmedo, vapor a alta presión y rozamiento		Procedimiento de explosión, Procedimiento MASONITE o MASÓN <sup>1488</sup>
	Químicamente por cocción y molienda		Elaboración química y mecánica, Procedimiento SEMIQUÍMICO

Cuando comenzaron estos procesos se pensó que el problema de los residuos o desperdicios producidos en las industrias madereras quedaba resuelto porque bastaría con emplearlas en la fabricación de estos tableros pero fueron muchas las dificultades técnicas para aprovechar residuos como el serrín, con poca longitud de fibra<sup>1489</sup> y «por otra parte el gran desarrollo que pronto alcanzó este producto, aconsejaron emplear directamente virutas de madera sobrante de cuchilla»<sup>1490</sup> o la posibilidad de obtener la fibra directamente de trozas de madera.

La búsqueda de materiales no ha cesado desde el comienzo:

Para lograr una economía en el empleo de la madera, se han hecho muchos intentos buscando aprovechar otras fibras de arbustos, otras, hortalizas, juncos y retales y fabricar con ellos tableros. Hasta ahora, estos intentos han resultado negativos, con excepción del tablero de retales que ha podido introducirse en trabajos de relleno complementarios, como son, plafones para decorados de cine, paneles para murales publicitarios, etc.<sup>1491</sup>

Después de obtener las fibras separadas se procede a su cocción para que desaparezcan las sustancias solubles. Desmenuzándose

<sup>1486</sup> Procedimiento utilizado en la fabricación de tableros aislantes.

<sup>1487</sup> Procedimiento más usado en la actualidad para todo tipo de tableros.

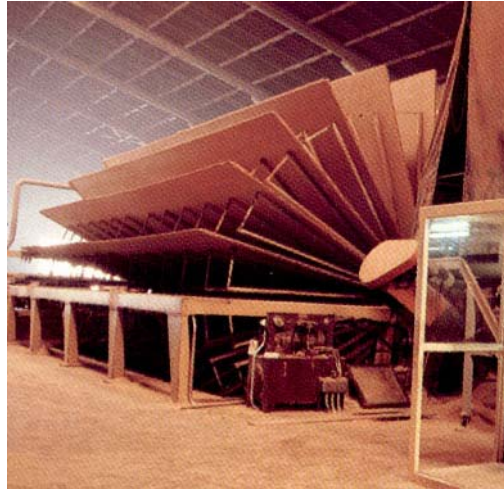
<sup>1488</sup> Para una información completa vid. A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 387, donde se explica este proceso, también denominado “separación de las fibras por explosión”. Se refiere a la fuerza explosiva del vapor. También denominado desfibrado por explosión.

<sup>1489</sup> Ocurre como con el papel, la fibra corta hace mucho más frágil las hojas formadas. Compárese con la longitud de fibra de los papeles orientales.

<sup>1490</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 169.

<sup>1491</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 169.

posteriormente, siendo arrastradas mediante una corriente de agua. Esta pasta de madera es introducida dentro de grandes depósitos en los que se le incorporan o no los aglutinantes, distintos aditivos (como colofonia, yeso, etc. y se le aplicarán tratamientos, químicos o no, según el material que queramos obtener.



Enfriador de volante.  
Por cortesía de Interbon, S.A.

Posteriormente se van depositando las fibras, ya cernidas, en unas cintas sin fin o máquinas de formación continua y se van formando unas “mantas” o capa húmeda continua produciéndose de esta manera, una reconstrucción y reordenamiento de las fibras para formar un material diferente del que procede. Se va eliminando el agua progresivamente.

La manta se va espesando, o aumentando de grosor, hasta que alcanza el tamaño adecuado para ser cortado. A diferencia de otros materiales derivados de la madera, el espesor del tablero no viene regulado por unas barras separadoras en la prensa, sino que se obtiene por la cantidad de madera empleada y por el diagrama de prensado.



Línea de corte para tableros de partículas y contrachapados.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

Se secan (en las prensas de deshidratación), pasan a la prensa<sup>1492</sup> y luego se acondicionan los tableros, les aplican tratamientos de temple<sup>1493</sup> y humectación:

(...) Después, según los procedimientos, pasan a otra prensa única con determinado grado de calor y con fuerte presión, obteniéndose ya la placa o bien pasan a una prensa en donde,

<sup>1492</sup> La presión y la temperatura, así como el tiempo de presión (6 a 10 minutos) variará en función del grosor del tablero.

<sup>1493</sup> Tratamiento térmico al que se somete el tablero durante tres horas y altas temperaturas.

por escalones sucesivos de presión, calor y vacío, se le da una cierta dureza y, por último, a estas placas se las transporta a una última prensa en donde una gran presión y temperatura adecuada les da su dureza definitiva y las seca (...)<sup>1494</sup>

Mas tarde las planchas son cortadas a tamaños estandarizados, son embaladas y dispuestas para su venta.

Este tablero ofrece una gran resistencia por la tensión superficial que se produce en su superficie dado el método empleado en su fabricación y aditivos incorporados.

El procedimiento “Defibrator” era usado en España, en los comienzos, hacia 1954, para fabricar el tablero, hoy tan conocido, llamado “tablex”.

#### **7.3.3.4 Materiales.**

##### **7.3.3.4.1 Materias primas.**

Se ha utilizado todo tipo de fibras desde el comienzo de estos tableros: juncos, hortalizas, arbustos, paja, cortezas, bagazo<sup>1495</sup>, etc., pero lo más habitual es elegir las especies adecuadas y proceder al desfibrado de los rollizos o trozas elegidos.

##### **- Fibras de madera.<sup>1496</sup>**

Las especies más habituales son: eucalipto, pino<sup>1497</sup>, etc.

En sus comienzos se llegó a utilizar hasta serrín, lo que ocurre es que el serrín no tiene verdadera utilidad y se consideró un desperdicio, pues su fibra es corta y está en gran medida desintegrada. Por eso este material se eliminó rápidamente de las industrias de tableros de fibras, de partículas y de papel.

---

<sup>1494</sup> José L. Ramos, op. cit., pág 218.

<sup>1495</sup> En los EE.UU. se obtenía principalmente de la parte sudoriental de su territorio.

<sup>1496</sup> Hay un estudio exhaustivo sobre las especies y mezcla de especies utilizadas a mediados del siglo XX para la fabricación de tableros en “Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada”, *Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959, págs 38-42.

<sup>1497</sup> En Australia, por ejemplo, se utilizan muchas estas especies. En el caso del pino se trata del pino radiata, aunque como en otras partes del mundo la búsqueda de materiales alternativos les ha llevado a probar con la paja de cereal y el bagazo.



En los años 50, en países como México, se llegaron a emplear hasta mezclas de 36 especies semitropicales y tropicales para fabricar tableros duros.<sup>1498</sup>

- **Fibras obtenidas de plantas anuales o especies no leñosas.**

Extensos ensayos en el Centro de Desarrollo e Investigación de Sunds Defibrator han mostrado que hay un número grande de especies que pueden usarse como fibra de materias primas en la producción de tableros de fibra de madera.



Planta en Tailandia para la obtención de pulpa y papel utilizando como materia prima el bambú y el kenaf.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



Cargando tallos del algodón.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

En 1984, Sunds Defibrator abrió camino en el diseño planifica y pone en marcha los primeros MDF basados en **bagazo** en Tailandia. Otro "proyecto pionero" era la entrega a India de una línea para procesar fibras de los tallos de algodón.

Para la fibra de madera de proceso húmedo, están procesándose bagazo, cañas y tallos de la palma en líneas de producción proporcionadas por Sunds Defibrator.



Paja de trigo

---

<sup>1498</sup> “Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada”, *Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959, pág. 39.

El bagazo se obtiene de los desechos de la caña de azúcar, principalmente, una vez extraída el azúcar:

Forma de celulosa (biomasa) obtenida como subproducto de la molienda de la caña de azúcar o de las plantas de guayule. Contiene una gran proporción de hemicelulosa. Después de la pulpación con sosa o licor de cocción de la pasta kraft puede ser fabricado papel de baja calidad.<sup>1499</sup>

Es la materia prima más usada entre las plantas no leñosas.

Una tercera parte del bagazo lo forma la médula, parte inservible que perjudica seriamente la formación de pasta. El resto es fibra utilizable de características similares a las de la madera natural, en cuanto a su longitud pero al ser más delgadas facilitan el batido de la pasta.<sup>1500</sup>

La **paja** tiene una tradición muy larga como materia prima, principalmente, para el papel. La mayoría de la paja usada hoy para la pasta es de trigo o centeno y arroz, principalmente de Asia. La fibra de paja es corta pero delgada y fácilmente batible. La paja tiene que ser lavada 5 veces antes de hacer la pasta. Arena, polvo, hojas y granos tienen que ser quitados. La pasta química de paja, blanqueada, se usa para el papel de escribir, de imprimir, de cigarrillos y el papel de la Biblia, para cartón ordinario y corrugado.

En el año 2000 Valmet Panelboard y Sorm/PrimeBoard unen sus fuerzas para desarrollar tableros a partir de paja, de manera comercial, produciendo tableros resistentes a la humedad.<sup>1501</sup>

La **caña** tiene una variedad de tamaños que van desde tamaños parecidos a los de la paja al tamaño del bambú utilizado en cañas de pescar. La fibra es similar a la fibra de paja pero a menudo algo más larga y más fuerte. La caña se usa como materia prima para la pasta en Europa oriental y Asia.

---

<sup>1499</sup> Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 111.

<sup>1500</sup> La pasta química blanqueada es conveniente para papel de alta calidad para escribir e imprimir y para pañuelos suaves. Sin blanquear, la pulpa se usa típicamente como parte del mobiliario, en sacos de papel y bolsas de basura. También se usan para fabricar cartón corrugado y para empaquetado de tableros, así como para el papel de periódico. El bagazo también se utiliza para fabricar tableros duros aislantes, MDF y tableros de partículas.

<sup>1501</sup> “Tecnología en tableros de paja”, *Aitim*, nº 204, marzo-abril, Aitim, Madrid, 2000, pág. 11.



Los **tallos de algodón** usados en esta industria son los tallos y ramas del arbusto de algodón. El tratamiento de estos puede ser difícil debido a las fibras cortas parecidas a las de la madera maciza: centro leñoso y corteza fibrosa con largas fibras. Se utiliza para cartón corrugado, bolsas de basura, MDF y tablero de partículas.



Fibras de sisal.

Fibras de yute.

Fibras de cáñamo.

Fibras de lino.

También se usaron los **tallos de maíz**.

El **bambú**<sup>1502</sup> realmente no es una planta anual pero pertenece a la familia de la hierba, con propiedades fibrosas similares a las de la paja. La longitud de las fibras, sin embargo, es dos veces mayor y producirá un papel con propiedades de fuerza buenas. La pasta de bambú blanqueada se usa para papel y papeles de envolver. Muy usado en Japón.



El coco como materia prima en la obtención de fibras.

Pueden usarse otras numerosas plantas no leñosas, para la pasta de papel o producción de tableros, como el **kenaf**, la **hierba de elefante** (elephant grass) y otras especies de hierbas.

En algunas partes del mundo, se usan **yute**, **cáñamo**, **lino**, **sisal**, **esparto**, y **algodón** en la producción de especiales calidades de papel.<sup>1503</sup>

Después de la preparación de fibra, se emplea la misma tecnología que

<sup>1502</sup> Nativo de Asia Sudoriental. Contiene mucha celulosa (58%) y su fibra es larga, por eso es apropiada para fabricar papel y tableros.

<sup>1503</sup> Traducción personal de la información técnica ofrecida por Valmet Panelboard Oy, "Processing of nonwood plantas. Panelboard products from nonwood plants", Loviisa, Finland, 2000, págs. 6-7.

en la producción de materias primas de madera.

El *papiro* se empleaba a mediados de los 50 en fábricas de África oriental e Israel.

También se empleó  *fibras de coco* para fabricar tableros de fibras, en Indonesia.

#### **7.3.3.4.2 Adhesivos.**

Se utilizaron adhesivos naturales en los comienzos. Actualmente se utilizan exclusivamente sintéticos. Dentro de estos últimos, se utilizan profusamente los de tipo aminoplástico y fenoplástico.

#### **7.3.3.4.3 Aditamentos.**<sup>1504</sup>

Sobre todo para impermeabilizar el tablero o hacerlo menos receptivo al agua: ceras como la parafina, etc. Estas se aplican disueltas en derivados del petróleo, emulsionadas o fundidas y pulverizadas sobre las fibras. Las cantidades son del orden del 0,5 al 1%, pero si aumentan, disminuyen las propiedades resistentes del tablero.

También se ha usado la vaselina, el alumbre<sup>1505</sup>, asfalto y la resina de cumarona.

En los tratamientos fungicidas, hidrofugantes e ignifugantes, se añadirán los respectivos productos.

También se empleó la colofonia y el alumbre como mordiente.

Las sales de pentaclorofenol y pentaclorofenato se emplearon para aumentar la resistencia a la pudrición y a los xilófagos.

Para los tableros templados con aceite se utilizaron distintos tipos de aceites secantes, solos o mezclados: linaza, tung, perrilla, oiticica, talol y resinas alquídicas.<sup>1506</sup>

---

<sup>1504</sup> Se les ha denominado como “size” (apresto).

<sup>1505</sup> Para revestimientos de exteriores.

### 7.3.3.5 Clasificación

Podemos clasificar a estos tableros basándonos en diferentes criterios como: sus propiedades, grosor, condiciones de uso o proceso de fabricación usado.

#### 7.3.3.5.1 Clasificación según normas UNE.<sup>1507</sup>

##### - Según el proceso de producción.

- Tableros de fibras fabricados por proceso húmedo.<sup>1508</sup>
  - **Tableros duros** (HB)<sup>1509</sup>. Densidad  $\geq 900 \text{ kg/m}^3$ .
  - **Tableros semiduros** (MB). Densidad  $\geq 400$  y  $< 900 \text{ kg/m}^3$ .
    - Tableros semiduros de baja densidad (MBL). Densidad de  $400 \text{ kg/m}^3$  a  $< 560 \text{ kg/m}^3$ .
    - Tableros semiduros de alta densidad (MBH). Densidad de  $560 \text{ kg/m}^3$  a  $< 900 \text{ kg/m}^3$ .
  - **Tableros blandos o Tableros aislantes** (SB). Densidad de  $\geq 230 \text{ kg/m}^3$  a  $< 400$ .
- Tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF)<sup>1510</sup>
  - **HDF**. MDF con una densidad  $\geq 800 \text{ kg/m}^3$ .
  - **MDF ligero**. MDF con una densidad  $\leq 650 \text{ kg/m}^3$ .
  - **MDF ultraligero**. MDF con una densidad  $\leq 550 \text{ kg/m}^3$ .

---

<sup>1506</sup> El tablero se sumerge en el aceite y posteriormente se realiza un tratamiento térmico que estabiliza el aceite.

<sup>1507</sup> Norma UNE-EN 316:2000. También puede consultarse la norma UNE-EN 622-2:1997.

<sup>1508</sup> Contenido de humedad, al formarse, superior al 20%.

<sup>1509</sup> Pueden modificarse sus propiedades con tratamientos como el templado o el templado al aceite, o añadiéndoles adhesivos sintéticos.

<sup>1510</sup> Contenido de humedad, al formarse, inferior al 20% y su densidad es  $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ .

- **Según las propiedades adicionales y las aplicaciones.**
  - Clasificación de acuerdo con las condiciones de utilización.
    - ***Ambiente seco.***<sup>1511</sup>
    - ***Ambiente húmedo (H).***
    - ***Exterior (E).***
  - Clasificación según el tipo de utilización.
    - Aplicación general.<sup>1512</sup>
    - Aplicación estructural (L).<sup>1513</sup>
      - Para todas las clases de duración de la carga (A).
      - Solamente para cargas instantáneas o de corta duración (S).
- **Códigos de color para los tableros de fibras.**

Según la norma UNE-EN 622-1:1997 se deben emplear dos colores en cada caso. El primero define el tipo de aplicación (usos generales, estructurales) y se aplicará en una o dos franjas de una anchura mínima de 12 mm. Estas franjas se aplicarán verticalmente en la proximidad de una esquina.<sup>1514</sup> El segundo informa sobre la utilización dependiendo de si el ambiente es seco, húmedo o está en el exterior.

---

<sup>1511</sup> Este tipo de tableros no tiene un símbolo concreto que lo identifique.

<sup>1512</sup> Este tipo de aplicación no tiene un símbolo concreto que la identifique.

<sup>1513</sup> Se añaden los dígitos 1, cuando los tableros son estructurales, y 2 cuando son estructurales de alta prestación.

<sup>1514</sup> Norma UNE-EN 622-5:1997.

Códigos de color para los tableros de fibras			
Colores		Aplicación	Ambiente de utilización
<b>Primer color<sup>1515</sup></b>	Blanco	Usos generales	
	Amarillo	Aplicación estructural	
<b>Segundo color</b>	Azul		Seco
	Verde		Húmedo
	Marrón		Exterior

Códigos de color para los tableros de fibras duros			
Código de color	Aplicación	Ambiente de utilización	Tipo de tablero
Blanco, blanco, Azul	Usos generales	Seco	HB
Blanco, blanco, verde	Usos generales	Húmedo	HB.H
Blanco, blanco, marrón	Usos generales	Exterior	HB.E
Amarillo, amarillo, azul	Aplicación estructural	Seco	HB.LA
Amarillo, amarillo, verde	Aplicación estructural	Húmedo	HB.HLA1
Amarillo, verde	Aplicación estructural de alta prestación	Húmedo	HB.LA2

Códigos de color para los tableros de fibras semiduros			
Código de color	Aplicación	Ambiente de utilización	Tipo de tablero
Blanco, blanco, Azul	Usos generales	Seco	MBL, MBH
Blanco, blanco, verde	Usos generales	Húmedo	MBL.H, MBH.H
Blanco, blanco, marrón	Usos generales	Exterior	MBL.E, MBH.E
Amarillo, amarillo, azul	Aplicación estructural	Seco	MBH.LA1
Amarillo, azul	Aplicación estructural de alta prestación	Seco	MBH.LA2
Amarillo, amarillo, verde	Aplicación estructural	Húmedo	MBH.HLS1
Amarillo, verde	Aplicación estructural de alta prestación	Húmedo	MBH.HLS2

<sup>1515</sup> Puede llevar, como hemos dicho, una o dos franjas de color, por eso en los cuadros aparece “Blanco, blanco,...” no se trata, pues, de ninguna confusión.

Códigos de color para los tableros de fibras blandos			
Código de color	Aplicación	Ambiente de utilización	Tipo de tablero
Blanco, blanco, Azul	Usos generales	Seco	SB
Blanco, blanco, verde	Usos generales	Húmedo	SB.H
Blanco, blanco, marrón	Usos generales	Exterior	SB.E
Amarillo, amarillo, azul	Aplicación estructural	Seco	SB.LS
Amarillo, amarillo, verde	Aplicación estructural	Húmedo	SB.HLS

Códigos de color para los tableros de fibras fabricados por el proceso seco (MDF)			
Código de color	Aplicación	Ambiente de utilización	Tipo de tablero
Blanco, blanco, Azul	Usos generales	Seco	MDF
Blanco, blanco, verde	Usos generales	Húmedo	MDF.H
Amarillo, amarillo, azul	Aplicación estructural	Seco	MDF.LA
Amarillo, amarillo, verde	Aplicación estructural	Húmedo	MDF.HLS

#### 7.3.3.5.2 Clasificación según la FAO (Informe de 1959).<sup>1516</sup>

- **Tablero de fibra prensado (tablero duro).** (Compressed fibreboard, hardboard). Tablero de fibras con una densidad mayor de 0,40 cm<sup>3</sup>.
  - Tablero de densidad intermedia o media.<sup>1517</sup> (Intermediate or medium density fibreboard). Densidad de 0,40 a 0,80 g/cm<sup>3</sup>.  
Comprenden dos productos fundamentales:
    - *Tableros laminados de cartón.* Se obtienen encolando capas de papel hasta obtener el grosor requerido. No tienen mucho que ver con el resto de tableros de fibras.

<sup>1516</sup> “Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada, *Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959, págs. 4-15.

<sup>1517</sup> También denominado “tablero semiduro” o “tablero de fibras semiduro”. En México se le conocía como “lámina semidura”.

- *Tableros homogéneos. Se fabrican como los duros y los aislantes pero se prensan en caliente sin llegar a ser tableros duros.*

Otras denominaciones: “semi-hardboard”, “medium hardboard”, “hafboard” (tableros semiduros) y “lowdensity hardboard” (tableros duros de baja densidad).

- Tablero duro. (Hardboard). Tablero duro de fibra fieltada. Densidad de 0,80 a 1,20 g/cm<sup>3</sup>.

- *Tableros duros corrientes.* Tal como salen de fábrica.
- *Tableros duros aderezados.* (Worked hardboard). Tablero duro que después de fabricado ha sido estriado, rayado o grabado.
- *Tableros duros con estampado en relieve (Embossed hardboard).* Tablero al que el prensado imprime un dibujo en relieve.
- *Tableros duros perforados.* (Perforated hardboard). Tablero par aislamiento acústico (acoustical board). Tablero duro al que se le han practicado numerosas perforaciones. Función aislante, decorativa, etc.
- *Tableros duros sometidos a tratamientos* (Treated hardboard).
  - Tableros tratados térmicamente Tablero duro endurecido con calor (heat-treated hardboard),. Calentamiento especial en una estufa, para aumentar solidez y resistencia al agua. Otras denominaciones: “hardboard”, “hard-pressed fibreboard” (tablero de fibra endurecido a presión),<sup>1518</sup> “tempered hardboard.”

---

<sup>1518</sup> Nombre que recibe en Canadá.

- Tableros tratados al aceite (oil-treated), tableros duros al temple. Inmersión en una mezcla de aceites secantes y aplicación de calor en horno.

Otras denominaciones: Tableros duros templados al aceite (oil-tempered hardboard). A veces también reciben el nombre de “tableros extraduros” (superhardboard).

- Tablero duro especial de gran densidad o extraduro. (Special densified hardboard). Superhardboard. Densidad de 1,20 a 1,45 g/cm<sup>3</sup>. Poco usados por el alto coste que supone la gran incorporación de resina y las grandes presiones. A veces reciben la denominación de extraduros los tableros duros tratados con aceite.

- **Tablero de fibra no prensado (tablero aislante).** (Non-compressed fibreboard). Tablero de fibras con una densidad máxima de 0,40 cm<sup>3</sup>.<sup>1519</sup>

- Tablero aislante semirígido. (Semi-rigid insulation board). Densidad de 0,02 a 0,15 g/cm<sup>3</sup>. Se emplea fundamentalmente para aislamiento.
- Tablero aislante rígido. (Rigid insulation board). Densidad de 0,15 a 0,40 g/cm<sup>3</sup>. Fueron los primeros tableros de fibras que empezaron a fabricarse. Aquí estarían comprendidos los tableros “Wallboard”.

Otras denominaciones: También se denomina a este tablero “softboard” (tablero blando) en contraposición de los tableros duros o “hardboard”. También se conocen como “Structural Insulation Board” (Tableros aislantes estructurales), “Insulation board”, “Insulating board”, también “Tableros porosos de madera” (Porous board).

---

<sup>1519</sup> Densidad máxima que se puede obtener en una máquina Fourdrinier o en un cajón formador sin prensado en caliente.



<b>Traducción de algunos términos empleados en la industria de tableros de fibras y aglomerados de partículas.</b>		
<b>Inglés</b>	<b>Castellano</b>	
	<b>España</b>	<b>México</b>
Acoustical Board	Tablero acústico	Lámina acústica
Bituminous board	Tablero asfáltico o bituminoso	Lámina asfaltada
Composite board	Tablero compuesto	Laminada
Fibre	Fibra. Tablero de fibras	Fibra
Fibreboard	Tablero duro (de fibras)	Lámina de fibra de madera comprimida
Hardboard		Lámina dura
Insulation board	Tablero aislante	Lámina aislante
Intermediate or medium density fibreboard	Tablero de fibras semiduro	Lámina semidura
Low density particle board	Tablero ligero de madera aglomerada	
Medium density particle board	Tablero semiduro de madera aglomerada	
Multilayer board	Tablero múltiple	Lámina laminada
Tempered hardboard	Tablero duro al temple	Material extraduro
Particle board	Tablero de madera aglomerada	Lámina de viruta
Rigid insulation board	Tablero aislante rígido	
Semi-rigid insulation board	Tablero aislante semirígido	
Superhardboard	Tablero extraduro	Lámina doble prensada

### **7.3.3.5.3 En función del proceso de fabricación utilizado.**

Los distintos tipos de tableros que pueden obtenerse se deben principalmente a la densidad conseguida en ellos, merced a la presión que se le aplica a la manta, pero sobre todo al empleo o no de aglutinante ajeno a la propia madera.

Por ello, podemos distinguir dos grandes grupos: los que utilizan un proceso húmedo (sin aglutinante)<sup>1520</sup> y los que utilizan un proceso seco (con aglutinante).

De estos grupos van a surgir unas series de paneles que nos van a servir para fines muy diversos. La mayoría podrían ser útiles para nuestros fines excepto los tableros blandos o de baja densidad que debido a las

<sup>1520</sup> Se les denomina también “materiales de madera molida” (DIN 4076).

buenas condiciones aislantes que poseen tienen únicamente utilidad como aislantes acústicos y/o caloríficos.

#### **7.3.3.5.4 Proceso húmedo (sin aglutinante).**

Otras denominaciones: **Afieltrado húmedo. Fieltrado en húmedo (Wet-felting). Wet hardboard (WHB) (HB): Tablero de fibras de alta densidad (DA). Tableros autoaglomerados. (L-1-L).**<sup>1521</sup>

Son tableros fabricados a partir de grandes presiones y elevadas temperaturas y como aglutinante de sus fibras sólo se usa la lignina contenida en las mismas y no resinas naturales o sintéticas ajenas a su propia composición.

Este tipo de tableros se subdivide a su vez en tableros duros y semiduros<sup>1522</sup>.

##### **- Tableros de fibras duros (FD).**

Otras denominaciones: **Tableros duros de fibras de madera, tableros compactos, placas duras de fibras, tableros comprimidos con consistencia de madera, conglomerado. Tableros duros. Tableros de fibras duras. (Según las normas DIN: HFH). Tablero de fibra prensado.**

Tablero muy extendido debido a su bajo precio y flexibilidad. (Se adapta bien a formas curvas), pero sobre todo se ha extendido al aprovechar sus propiedades específicas, ya que son tableros de poco espesor, con altas prestaciones físico-mecánica. Además de admitir infinidad de acabados.

Aunque se fabrique por el proceso húmedo, puede adicionársele, a veces, hasta un 1% de resina fenólica: «(...) En los tableros de fibras obtenidos con el proceso húmedo, la cola se añade a la masa de fibras a la que se le ha extraído el exceso de agua. La resina fenólica, a la que se añade ácido sulfúrico diluido, precipita y se fija a las fibras.»<sup>1523</sup> Este tipo de tableros requieren, dada su formación, menos cantidad de cola que los aglomerados.<sup>1524</sup>

---

<sup>1521</sup> Según la FAO.

<sup>1522</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 38.

<sup>1523</sup> “Nuevas resinas de Bakelite”, *Aitim*, nº 203, Ene-Feb, Aitim, Madrid, 2000, pág. 15.

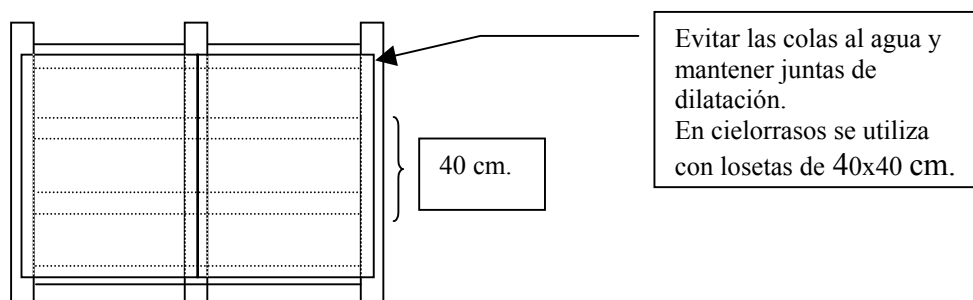
<sup>1524</sup> A parte de las resinas fenólicas suele incorporárseles resinas de urea o mezclas de éstas y de melamina.

También se le incorporan ceras o parafinas, naturales o sintéticas: un 1,5 – 2%.

Utilizado como soporte pictórico requiere un bastidor que le dote de la rigidez necesaria.

Podemos ver una similitud en la forma de colocación de estos tableros en la construcción y la construcción de un bastidor: Separaciones entre apoyos, es decir, separación entre largueros, testeros y peinazos.

En paramentos, suelen colocarse rastreles horizontales con una separación entre ejes de 40 cm. Los rastreles verticales tendrán una separación igual al ancho del tablero. El grosor del tablero en estos casos suele ser de 6,4 mm.



Densidad: entre 800-1200 g/cm<sup>3</sup>.

Hay dos procesos de fabricación de los que se obtienen tableros con propiedades diferentes y se basan en la incorporación o no de adhesivos a las fibras. Si se les incorporan adhesivos, se denomina “proceso seco” o “ciclo seco”<sup>1525</sup> y si no se le incorporan y la adhesión se produce por la propia lignina de las fibras, se denomina “proceso húmedo”.

No presentan anisotropía, es decir, no hay diferencias de propiedades según la dirección que se observe. Se trabajan con facilidad, siendo un material muy seguro:

Tiene una textura homogénea en todo su espesor, lo que hace que sea un material inastillable, aportando una gran seguridad en su manipulación.<sup>1526</sup>

<sup>1525</sup> Se usan adhesivos similares a los utilizados para fabricar los tableros MDF.

<sup>1526</sup> Alonso, pág. 126.

En su fabricación se utiliza el mismo procedimiento que para fabricar el papel: grandes cantidades de agua en las que suspender las fibras (0,5 a 2%) y una máquina o formadora *Fourdrinier*.

Presión de formación del tablero: 50 Kg/cm<sup>2</sup>.

- **Tablero de fibras estándar.** Otras denominaciones: **Screenback board.** **Screen-back.** **Tablero compacto (rugoso).** **Cartón madera.**

Este tablero muestra un aspecto pardo más o menos oscuro y muestra una cara lisa (debido a la lisura de los platos de la prensa) y otra cara rugosa en la que se aprecia la malla, tamiz o tela metálica donde asentó la fibra. Esta tela metálica es necesaria para que el vapor pueda escapar al secarse la estera fibrosa, por prensado en caliente. Por esta razón se conocen estos tableros con el nombre de “screenback board”.

Es un tablero muy compacto, sus fibras apretadas forman una sola capa homogénea. Necesita el agua para el transporte de las fibras.

Pertenece a los tableros fabricados sin aglutinantes externos. Consigue esa importante densidad por medio de presiones de unos 70 kg/cm<sup>2</sup> (68 atm) en caliente.



Sydney Nolan.  
Glenrowan, 1956-57.  
Ripolín sobre “cartón madera”.



Tablex ordinario.

Suelen incorporarse aditivos que modifican sus características. Esta incorporación suele hacerse durante el proceso de fabricación:

- + Productos ignífugos.
- + Productos fungicidas
- + Productos insecticidas
- + La adición de ceras o parafinas a las fibras consigue que aumente la resistencia del material a la humedad, y su alabeo se vea reducido.

Lo más corriente es que no sobrepasen los 5 mm.

Utilidad no artística: fundamentalmente para fondos de cajones y traseras de armarios, aparatos eléctricos, puertas, revestimientos, forrados de muros, escenografía...

Protegidos con pintura, pueden utilizarse en interiores y exteriores. Reciben la pintura o los revestimientos acuosos mejor que otros tableros por la uniformidad en su composición y fabricación.

#### *Dimensiones:*

+ Longitud y anchura:<sup>1527</sup>

- 2,44 x 1,22 m
- 2,44 x 1,25 m
- 2,44 x 1,50 m
- 2,75 x 1,22 m

+ Grosos habituales<sup>1528</sup>

Grosos habituales	
mm	Pulgadas
3,2	1/8
4	3/16
6	1/4

<sup>1527</sup> Hace años también se fabricaron con longitudes de 5,50 m.

<sup>1528</sup> Aunque también se fabricaron con grosos tales como: 1,6-2-2,5-3-3,2-4-5-6 y 8 mm Obsérvese que la mitad de estos grosos corresponde al doble de los otros. Los grosos más importantes, llegando incluso a 30 mm se podían conseguir por encolado de varios tableros entre sí. Pero eran demasiado pesados y no presentaban ventajas sobre el standard, si este está reforzado con su bastidor correspondiente.

El tablero en 1970		
Tipo de tablero	Longitud y anchura (m)	Grosor (mm)
Duro	2,75 x 1,22	3,5
Duro encolado	2,75 x 1,22	7
Duro perforado	2,75 x 1,22	3,5

*Marcas comerciales, a modo de ejemplo:*

a) En España (Las especies más utilizadas son: pino pinaster, pino radiata, eucalipto, chopo, etc., siendo los de eucalipto son los más apreciados).<sup>1529</sup> Tableros de la empresa Tafisa.<sup>1530</sup>

- **EUCABORD:**

- Madera de eucalipto.
- Medidas: 2,75 x 1,22 / espesor: 2,5 - 3,2 - 4 y 5 mm. 2,44 x 1,25 / espesor: 2,5 - 3,2 y 6,4 mm.
- Tableros derivados de él:
  - **Tablero Multicapa:** formado por la unión por encolado de tableros de fibras Eucabord y chapas de maderas.
  - **Tablero rechapado:** formado por la unión por encolado de 1 o 2 chapas de maderas (por una o ambas caras) a un tablero de fibras Eucabord.
- Chapas: Sapelly, Haya, Pino Gallego, Pino Oregón, Embero, Mukali, Ukola, Iroko, Mansonia, Mongoy, Roble y Fresno.

- **EUCABLEX:**

- + Madera de eucalipto.
- + Medidas: 2,44 x 1,50 / espesor: 2,5 - 3,2 - 5 y 6 mm.

<sup>1529</sup> Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994., pág. 226.

<sup>1530</sup> Importantísima empresa española fundada en 1946 que se ha dedicado principalmente a los tableros de fibras y aglomerados de partículas.

- **TABLEX:** (*“Tablero español de fibras”*).

+Madera de pino.

+Medidas: 2,75 x 1,22 / espesor: 2,5 - 3,2, 5 y 7 mm.

- Otros tableros de la misma firma:

- Hacia 1985: Eucabord, Mobelpan, etc.
- Hacia 1991: Continúan con el Tablex y además tableros como Tafilam, Iberpán.

b) En EE.UU.:

- Estándar Masonite Presdwood, o simplemente Masonite<sup>1531</sup> y el tablero Treetex<sup>1532</sup> entre otros.

- **Clasificación de los tableros de fibras duros según las normas UNE.**

Según la norma UNE-EN 622-2:1997 los tableros de fibras duros pueden ser de dos tipos:

- Tableros estructurales de fibras duros para utilización en ambiente húmedo (HB.HLA2).
- Tableros de fibras de densidad media estructurales para utilización en ambiente seco (HBH.LA2).

- **Tablero de fibras templado.**

Otras denominaciones: **Tablex templado Tempered presdwood. Tableros de fibras duras endurecidas con aceites. Madera endurecida templada al aceite. DIN: HFE, tableros de fibras duras revenidas en aceite.**

Es un tablero igual que el estándar pero que ha sido impregnado con resina y aceite y un calentamiento a 200° C. Normalmente esto se hace con resinas alquídicas, aunque, a veces también, con aceites naturales.

---

<sup>1531</sup> Estos tableros también presentaban sus caras chapeadas, con madera natural, casi desde que se introdujeron en el mercado.

<sup>1532</sup> Tablero empleado en la construcción.

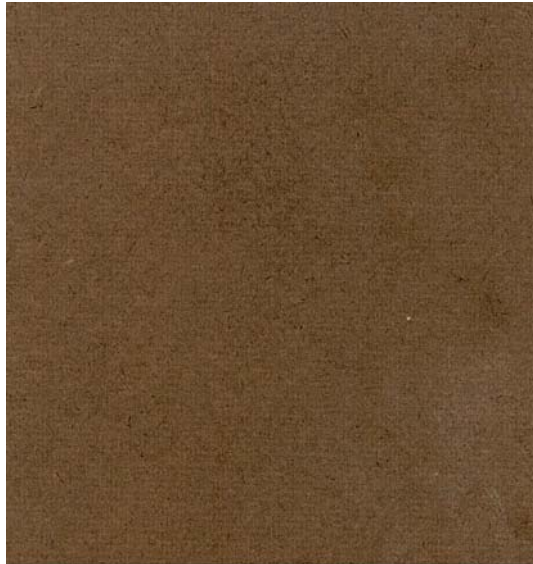
Esta impregnación (temperizado) lo hace más impermeable, lo endurece y aumenta su resistencia a la abrasión. El problema es que impide la aplicación de aparejos y procedimientos y técnicas al agua porque el tablero suele absorber un 5% de aceite:

No debe usarse el **tablex templado** (tempered presdwood), que se vende en los mismos grosores que el standard y en dos colores diferentes: marrón oscuro y negro. Está impregnado con un aceite que le hace muy duro y resistente al desgaste, pero si se le aplica una base de gesso, no se adherirá bien a causa del aceite, y la misma permanencia del material oleoso es muy dudosa.<sup>1533</sup>

- **Tablero de fibras de doble cara.**

Son tableros de fibras standard pero en vez de mostrar una cara lisa y en la otra la marca de la rejilla (tableros con una cara lisa o S-1-S), tienen ambas caras lisas.

Esto se consigue porque no hace falta utilizar ninguna rejilla ya que se seca la manta en una estufa o túnel secador antes del prensado en caliente.



Tablex templado.



Tablero de fibras doble cara.

---

<sup>1533</sup> Ralph Mayer, op. cit., Pág. 237.

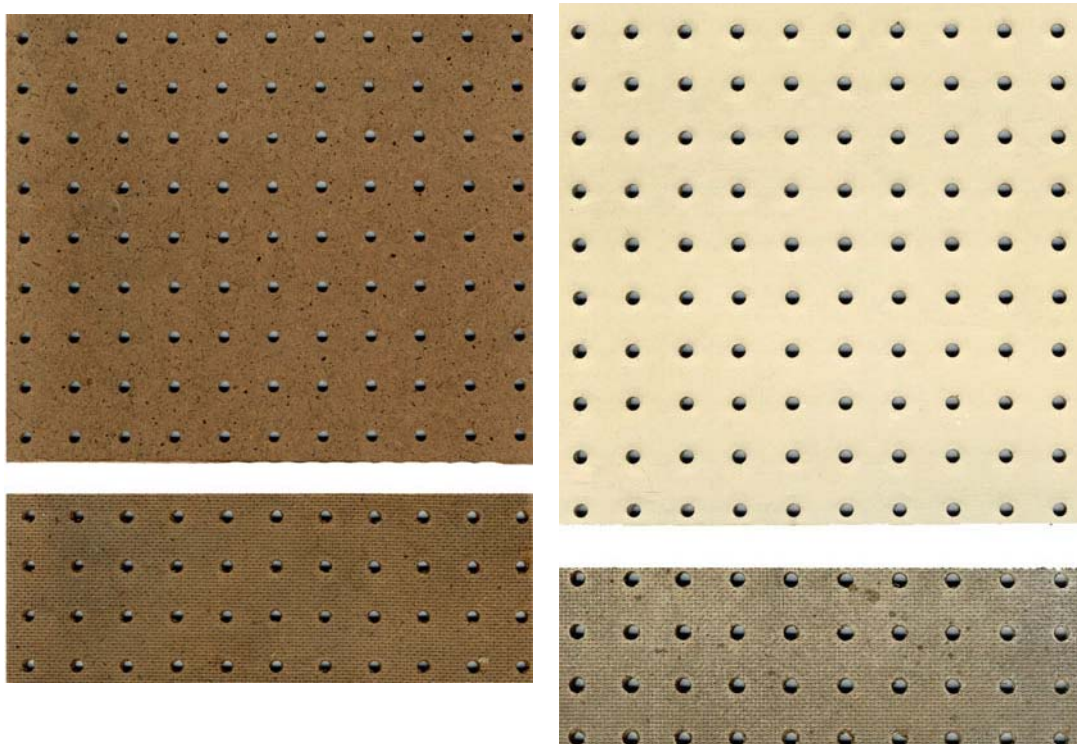


A este tablero se le denomina “tablero duro S-2-S” (las dos caras lisas).<sup>1534</sup>

- **Tablero de fibras perforado.**

Otras denominaciones: Conglomerado taladrado. Tabla para clavijas. Tablero antisonoro. Tablero acústico. Tableros de perforaciones monótonas para usos antifónicos. Paneles aislantes fónicos. Tablero aislante (insulating tileboard). Panel de alvéolos (pegboard)<sup>1535</sup>. Tablex perforado. Panel de cartón piedra perforado.

Podríamos clasificarlos también dentro de los tableros decorativos pero su principal característica es la de actuar como correctores o acondicionadores acústicos, porque sus perforaciones hacen que el frente de ondas que llega, provocado por el sonido, sea más difuso.



Tablex perforado recubierto.

Esto quiere decir que su ubicación habitual suele ser en cielorrasos o falsos techos y en paramentos.<sup>1536</sup>

---

<sup>1534</sup> Término ya usado desde los años 50.

<sup>1535</sup> Según, R. E. Putnam y, G. E. Carlson, op. cit., 1988.

<sup>1536</sup> No debemos confundir el hecho de que sean utilizados como correctores acústicos con el hecho de que sean buenos aislantes acústicos. Por el poco grosor de los tableros de fibras duros [sin perforar] no se suelen usar como aislantes acústicos.

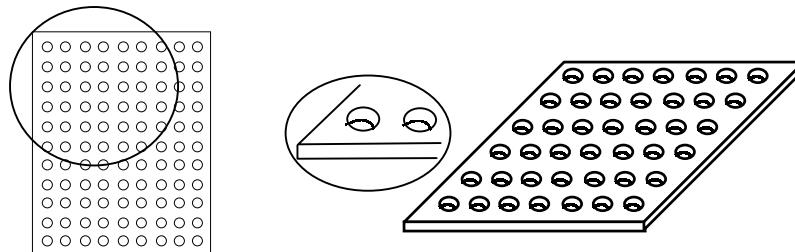
PANOTEX es una patente, de Tafisa que en España fabrica el tablex, que funciona como aislante térmico y acústico y que está compuesto por un “panel compensado”, con doble cara de tablex.

Sus dimensiones suelen ser de 1,20 x 0,60 m. La cara perforada forma dos plaquetas con agujeros de 5 mm de Ø.

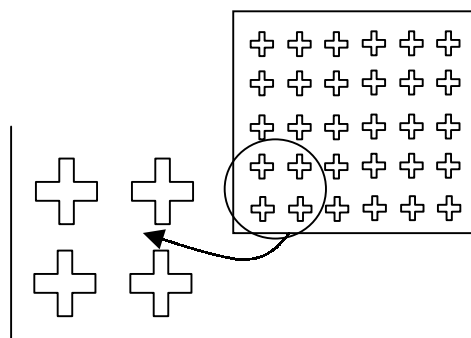
Pero dadas las características del panel ha sido muy utilizado como expositor de infinidad de objetos.

Las perforaciones de su superficie hacen de él un tablero sumamente atractivo como soporte pictórico, lógicamente con un acondicionamiento previo, a la vez que aligeran el peso propio del tablero.

Este tipo de tableros presenta orificios de formas diferentes aunque el más habitual es el circular de 5 mm de Ø. Se denomina técnicamente: “perforado circular”, aunque también hay perforado en forma de rombos y de trébol.



Otra posibilidad es:



Una de sus caras es normalmente plana y ha sido endurecida por una resina termoestable.

También existen otro tipo de paneles que tienen esa cara también endurecida pero a la vez laqueada y se denominan PANOLAC. Este tipo de tableros suele comercializarse en grosores de 3 a 6 mm y en tamaños de 183 x 122 y 275 x 122 cm.

○ **Tablero de fibras decorativo.**

Como decíamos anteriormente, el tablero perforado se presta como elemento decorativo también, aunque las posibilidades decorativas de los tableros duros de fibras son enormes. Desde los tableros moldurados, a los lacados, rechapados, etc., la oferta es amplísima.

El tablero de fibras duro se ha convertido en el soporte ideal para revestimientos sintéticos de todo tipo, dado que su aspecto pardusco no ofrece una estética que guste demasiado, aunque, a veces, algunos revestimientos ofrezcan dudoso atractivo.

Los tableros “moldeados” nos ofrecen una superficie texturada con diferentes tipos de relieve.

Los acabados (tratamientos superficiales) pueden ser:

- Pintado o lacado: Proceso industrial y secado en hornos. La superficie debe ser preparada



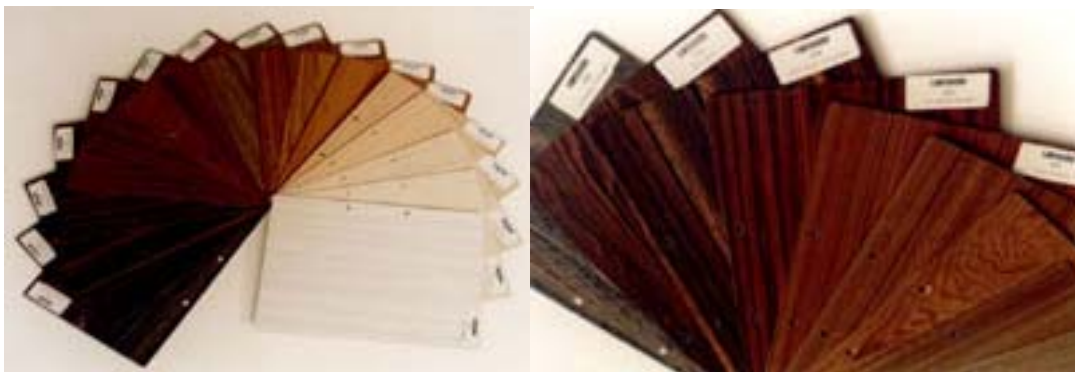
Tablex rechapado decorativo.



MDF rechapado por ambas caras con haya y ocume. Apropiado para xilografía.

adecuadamente.

- Chapado o rechapado: los adhesivos habituales son los de UREA-FORMALDEHÍDO. La chapa puede estar barnizada o sin barnizar. En xilografía suele usarse este tipo de tablero: consiste en un alma de tablex, una de las caras de chapa fina de baja calidad (incluso formada por unión de varias chapas) y la cara buena formada por una fina chapa de haya.
- Papeles impregnados: Papeles de distintos gramajes se unen con colas de melamina que se polimeriza por medio de calor y presión formando un



Muestras de recubrimientos de melamina de Sonae.

todo con el tablero. Pueden ser lisos, fantasía, imitaciones a madera ...

- PVC: encolado al tablero con colas pero a baja presión. Acabados lisos, imitaciones, etc.

- **Tablero de fibras semiduro o medio duro. (MBL Y MBIX).<sup>1537</sup>**

o **Tableros de fibra semiduro de baja densidad (DB).**

Otras denominaciones: (SB). Cartones celulares o porosos. Tableros de fibras porosos (según normas DIN: HFD. Cartones de construcción. Placas de fibra de madera para interiores. Tableros blandos o fieltros aislantes. Tablero ligero o planchas amortiguadoras. Tableros rígidos. Placas aislantes (térmicas y/o acústicas). Placas de fibras aisladoras. Cartón-fieltro. Tablero de fibra no prensado.

---

<sup>1537</sup> Cartones celulares o porosos: Celotex y Cartones de construcción (Ralph Mayer, op. cit., págs. 235-238.)

Su principal aplicación es la de tableros de aislamiento, puesto que no son de fibra apretada, cualidad que los hace perfectos para el aislamiento térmico y acústico.

El primero de estos tableros aislante se comercializó hacia 1912.

Grososores corrientes: 6, 8, 10, 12 mm, a veces se llega a los 50 mm.<sup>1538</sup>

Su densidad suele ser de 0,20 a 0,35 y por eso se dedican a tareas de aislamiento, a diferencia de los semiduros de alta densidad.

Estos tableros suelen combinarse con otros tableros para proporcionar buenos aislamientos y construcciones ligeras. Una posibilidad sería: dos paramentos de tableros de fibras duros con un núcleo de cartón fieltro, lana de vidrio o placas blandas de fibra de madera o de corcho.<sup>1539</sup>

Estas combinaciones de tableros se unen mediante el encolado con colas de contacto que se aplican a las superficies a unir. Dicha aplicación deberá hacerse por la cara rugosa del tablero de fibras duros.

Por ser tan voluminosos y de textura suelta, no son actos como soporte pictórico, amén de no tener demasiada resistencia al desgaste y se vuelven quebradizos.

Uno muy conocido fue el **CELOTEX**<sup>1540</sup> «marca registrada de un constructor de estructuras y tableros aislantes producidos en láminas grandes». <sup>1541</sup> Este tablero también era conocido como Celatex y hablaremos de él cuando tratemos con los MDF.

Se trata de un tablero usado como aislante, de color grisáceo, en el que sus fibras se aglutinan entre sí sin adhesivos. Una floja compresión

---

<sup>1538</sup> Por ser tan blandos es por lo que forman láminas de grososores mayores que los duros.

<sup>1539</sup> *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971., Pág. 495

<sup>1540</sup> Esa marca también incluye listones, argamasa, lana mineral, tableros duros, etc.

<sup>1541</sup> Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 208.

termina de formar el tablero. También solía encolársele una chapa que formaba la cara del tablero.<sup>1542</sup>

Las fibras se obtienen del bagazo,<sup>1543</sup> tallos de maíz, paja de trigo, fibra de madera y en algunos casos hasta cortezas y desechos de fábricas de papel. Las fibras suelen ser tratadas con productos fungicidas e hidrófobos. Para Mayer es posible su utilización con fines artísticos, a pesar de su textura rugosa:

Aunque presenta una textura rugosa que puede ser interesante para varios tipos de pintura, la experiencia demuestra que su estructura no es lo bastante densa o rígida para poder durar; además, el material tiende a decolorarse y volverse quebradizo con la edad. Su estructura enmarañada recuerda a la de un papel visto al microscopio.<sup>1544</sup>

Otros productos similares son:

- + Placas C.U.
- + Placas ENSO (Ensonite).
- + INSULITA<sup>1545</sup> etc.

No son muy resistentes al agua pero protegen del calor.<sup>1546</sup>

- **Tableros de fibras semiduro de alta densidad (DA).**

Podemos situar su densidad en torno a 0,8 y sus grosores oscilan entre 3 y 8 mm.

A veces sustituían, en la construcción de tabiques, a los tableros de cartón-yeso (Pladur, por ejemplo). Su utilidad por eso radica en revestimientos de interiores.

- **Tableros de fibras semiduro de MEDIA densidad.**<sup>1547</sup>

---

<sup>1542</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 187.

<sup>1543</sup> “Forma de celulosa (biomasa) obtenido como subproducto de la molienda de la caña de azúcar o de las plantas de guayule”. (Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 111). Normalmente se utilizan los tallos de la caña después de obtener el azúcar. En otras partes del mundo se utiliza para producir electricidad.

<sup>1544</sup> Ralph Mayer, op. cit., pág. 236

<sup>1545</sup> También denominado “Insulite”, comenzó su fabricación en Korkeakoski por la Masonite.

<sup>1546</sup> *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971, pág. 496.

<sup>1547</sup> Vid. Información referida al tablero MDF.



### 7.3.3.5.5 Proceso seco o afieltrado en seco. (Con aglutinante).

Otras denominaciones: **Fieltrado por aire (air-felting).**

#### - **Tablero de fibras de alta densidad (DA).**

Otras denominaciones: **Tablero de fibras extraduro (de tablex).** (L-2-L).<sup>1548</sup>

Densidad 1.1.

Espesores de 3 a 5 mm.

Empleo en puertas, parquets,  
<sup>1549</sup> rodapié, zócalo.

Suele ser el tablero más resistente a causa del adhesivo que contiene y por haber sido sometido a mayores presiones.

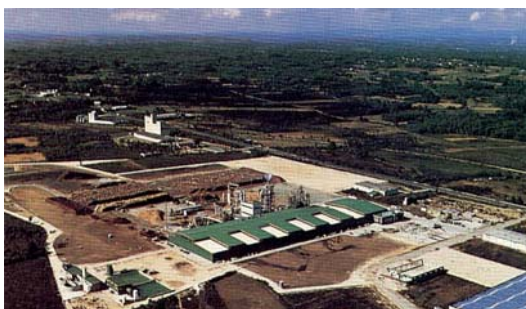
Cuando se mecaniza no se astilla, precisamente por la cohesión de sus fibras.

Usado en la industria del mueble.

Tiene una gran resistencia al roce y una importante solidez y rigidez.



Masonite Corporation. Laurel, MS. USA.  
Defibrators, Pendistor Mat-forming y Multi-opening Sunds Defibrator Motala hot press para la producción de tableros duros por proceso seco.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



Fibranor, S.A., Rabade. España. Planta completa para la producción de MDF de eucaliptus.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

#### - **Tablero de fibras de densidad media.**

Otras denominaciones: **Medium Density Fiberboard.**<sup>1550</sup> **(MDF)**<sup>1551</sup>

<sup>1548</sup> Según la FAO.

<sup>1549</sup> En el caso de utilizarse como suelo suele ir encolado a un tablero aislante que se coloca encima de la solera como aislamiento térmico y acústico.

<sup>1550</sup> Según la DIN 4076 «los materiales de fibras de madera con más del 12% de aglomerante se llaman “materiales de fibras encoladas”».

Realmente la producción de este tablero comienza con una planta de Celatex abierta en Nueva York en 1964.<sup>1552</sup>

- **Características generales.**

Este tipo de tableros están formados por fibras lignocelulósicas que se unen gracias a un adhesivo, que habitualmente es una resina sintética y se prensan en caliente. Su peso específico oscila entre 600 y 800 Kg/m<sup>3</sup>, y dado que la disposición de sus fibras es homogénea, la densidad en cualquier parte del tablero es la misma.

Pueden incorporársele aditamentos diferentes durante el proceso.

El proceso se realiza en seco.

El aspecto de sus caras es liso y la textura que presentan sus fibras es muy fina.

Es un tablero homogéneo en su estructura.

Se puede trabajar igual que si fuera madera, con las mismas herramientas. Tiene un comportamiento general parecido al tablero de partículas, pero debería ser recubierto en situaciones de humedad.<sup>1553</sup>

Se puede chapar, pintar<sup>1554</sup> etc.

Grososres: desde 6 a 32 mm.<sup>1555</sup> (Finsa presentó en la Feria Construmat-87, tableros con grososres entre 4 y 60 mm.)

Dimensiones:

---

<sup>1551</sup> Incorrectamente llamado DM, ya que esa abreviatura corresponde a DIFENIL-AMINO-CLOROARSINA. (Gas militar venenoso y también usado en el tratamiento de la madera). Tampoco confundir con DMF, abreviatura de DIMETILFORMAMIDA, disolvente usado, sobre todo, en restauración. Tóxico.

<sup>1552</sup> John Wadsworth, "MDF – Back to the future, literatura técnica de "Valmet "MDF Industry Update'99", Valmet, Sweden, 1999, pág. 2.

<sup>1553</sup> Véase el estudio comparativo realizado por Juan Ignacio Fdez.-Golfín Seco y M. Rafael Díez Barra, "Tableros de fibras de densidad media (MDF). Deformación a largo plazo por carga constante y condiciones alternantes.", *Aitim*, n° 203, Enero-Febrero, Aitim, Madrid, 2000, págs. 66-68.

<sup>1554</sup> En relación con el aglomerado, el MDF, aunque es más caro, facilita el pintado y repintado de los tableros.

<sup>1555</sup> Pueden oscilar considerablemente, por ejemplo, en Dinamarca el grupo Junckers fabrica el tablero Silvapan cuyos grososres oscilan entre 3 y 32 mm.



Longitud y anchura (m)
2,44 x 1,22
2,44 x 1,83
2,44 x 3,05
2,44 x 3,66

La prensa utilizada tenía unas dimensiones de 14.640 x 2.440 mm.

El tablero MDF de Intasa presenta las siguientes medidas:

Medidas Base (mm)	
Máxima	5.500 x 2.500
Mínima	4.100 x 2.300

Medidas estándar (mm)
2.250 x 1.220
2.440 x 1.220
2.440 x 1.830
2.440 x 2050
3.660 x 2.440

Espesores estándar (mm)
3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 30, 35, 40

Las normas UNE dan unas dimensiones para el tablero escuadrado de 1830 mm de anchura por 3660 mm de longitud. Mientras que los grosores varían desde 3 mm hasta 50 mm con un módulo de 1 mm.<sup>1556</sup>

La densidad de estos tableros oscila entre 600 y 800 Kg/m<sup>3</sup>, siendo bastante usual el de 700 Kg/m<sup>3</sup> ( la norma UNE EN 316 exige que su densidad sea mayor de 600 kg/m<sup>3</sup>).

El contenido de humedad deberá ser igual a  $7 \pm 2\%$ .

<sup>1556</sup> UNE 56719:1985. *Tableros de fibras de densidad media. Características.*

Las características físico-mecánicas de estos tableros se encuentran en la norma UNE 56720:1984. *Tableros de fibras de densidad media. Procedimientos de ensayo.*

Los materiales con los que está fabricado no difieren de los tableros de fibras duros, más que en los adhesivos.

Las especies de madera más comunes en España también son pinos (*pinus pinaster*) y eucaliptos.

Especies de madera blanda como el pino y el abeto generalmente tienen un promedio de fibras largas de tres veces los de fibras de maderas duras como el roble, haya, etc. A parte de las especies, la calidad de las fibras se ve también afectada por la forma de la materia prima-astillas, cepillados, o serrín.

Los adhesivos, de urea-formol habitualmente pero a veces se le adiciona pequeñas cantidades de melanina-formaldehído. La proporción de adhesivo oscila entre el 8 y el 10%.<sup>1557</sup>

Un agente de unión importantísimo, empleado frecuentemente, es el diisocianato de metileno (MDI). Se trata de un adhesivo líquido de aspecto marrón oscuro. Produce en los tableros uniones resistentes al agua, al calor, etc.<sup>1558</sup> Cuando se emplea en la fabricación de tableros las uniones que consigue posee un comportamiento superior frente a la humedad, temperatura e inclemencias meteorológicas que los adhesivos habituales.<sup>1559</sup> Es especialmente importante en estos tableros «porque la estructura de la fibra es apropiada para el contacto físico íntimo. Proporciona propiedades óptimas al tablero y además está libre de formaldehído. (...) Aunque son más caros que los sistemas de resinas convencionales las cantidades empleadas son muy pequeñas, puesto que se emplea del orden del 5% en peso de

---

<sup>1557</sup> Los tableros hidrófugos consiguen la resistencia al agua con cantidades de melamina del 15%.

<sup>1558</sup> Según el Sr. Krug del Instituto alemán IHD «(...) el hinchamiento de los tableros MDF se puede reducir notablemente utilizando presiones más altas y/o menos tiempo de desfibrados» (“Tercer simposium de la Federación Europea de Tableros”, *Aitim*, nº 213, Sept-oct, Aitim, Madrid, 2001, pág. 64).

<sup>1559</sup> “Adhesivos: ¿Cómo trabajan los adhesivos?”, *Aitim, Boletín de Información Técnica*, nº 194, Julio-Agosto, 1998, Aitim, Madrid, pág. 21.

partícula seca, unos dos veces menos en los tableros de partículas y tres veces menos en los de MDF». <sup>1560</sup>

Los aditivos son similares a los empleados en los tableros de fibras duros:

- + Ceras o parafinas, que reducen la absorción de agua y facilitan el prensado.
- + Productos fungicidas.
- + Productos insecticidas.
- + Productos ignífugos.
- + Endurecedores.

#### Aplicaciones:

- + Fabricación de puertas.
- + Fabricación de muebles en general
- + Fabricación de muebles de cocina y de baño (en especial para las puertas en relieve)
- + Muebles divisorios.
- + Bases de cubiertas.
- + Divisiones interiores, tabiques.
- + Prefabricados.
- + Bases de suelos.
- + Molduras.

#### Marcas comerciales:

- Finsa (Financiera Maderera, S.A.):
  - o Filiales de Finsa:
    - Orember (Orense).
    - Intasa (San Saturnino).
    - Fibranor (Lugo).
- Lignotock (Porriño).

---

<sup>1560</sup> "Nuevas tendencias en los adhesivos empleados en tableros", *Aitim, Boletín de Información Técnica*, nº 179, Enero-Febrero, 1996, Aitim, Madrid, págs. 84.

Las marcas comerciales, de Finsa, están ordenadas según el espesor del tablero en:

- + Delgado: de 2,5 a 6 mm. (FIBRANOR TH).
  - Dos caras lisas y duras. Textura fina y homogénea. Bueno para barnizar y laca.
- + Medio: de 7 a 30 mm (FIBRAPAN)<sup>1561</sup>. Presentado en la Feria Construmat-87.
  - Homogéneo, estable y de superficie fina.
  - Para ambientes de elevada humedad: FIBRAPAN H.
- + Grueso: de 32 a 60 mm (IBERPAN).
  - Ideal para molduras y carpintería.<sup>1562</sup>

Las calidades:

- + MDF especial para laca.
- + MDF resistente a la humedad.
- + MDF Ignífugo o resistente al fuego (M1)
- + MDF Exterior.
- + MDF Exterior ignífugo.
- + MDF de alta prestación.
- Vilamete (empresa americana que comercializa el tablero MDF Medite<sup>1563</sup> para uso exterior). Además comercializa otros productos:
  - + Medite FR: para uso interior retardante a la llama.
  - + Medite 313: para uso interior resistente a la humedad.
  - + Medite ZF (zero formaldehyde): para uso interior.

---

<sup>1561</sup> Aunque este tablero, concretamente, se fabrica en los siguientes grosores: 4, 5, 7, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 28, 30, 32 y 35 mm.

<sup>1562</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993, pág. 4.

<sup>1563</sup> Las fibras son de coníferas y el adhesivo es una resina de poliuretano, sin formaldehído y prensada en caliente.

+ Medite Thin: para uso interior con gruesos: 2,5-3-4-5 y 6 mm.

Dimensiones	GROSOR						
	6	8	10	12	12	22	25
1,22 x 2,44							
1,22 x 2,475							
1,22 x 3,050							
1,525 x 2,440							
1,525 x 2,475							
1,525 x 3,050							

Leyenda:



Producto estándar.



Bajo pedido.

### ○ Tipos.

#### □ Tableros de fibras de densidad media desnudo. (D).

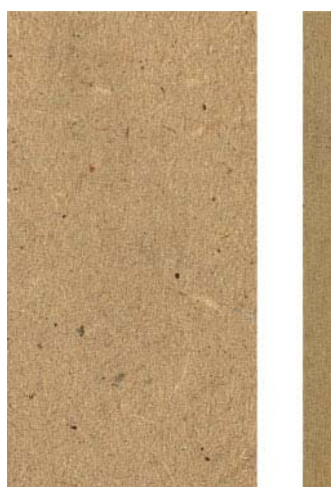
Del que hemos venido hablando.



MDF 10 mm



MDF 16 mm



MDF 5 mm



Marca de calidad en el canto. INTASA.

❑ **Resistente a la humedad.**

Antiguamente se denominaban "hidrófugos".

Es un tablero cuyo comportamiento a la humedad se ha mejorado.

La resistencia del encolado a la acción del agua se mide por la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero después de dicha acción.



Su resistencia a la tracción y su hinchazón después de someterlo a una prueba de envejecimiento acelerado son mejores que las de los tableros normales.

Tablero resistente a la humedad, desnudo, 7 mm.

Se utilizarán cuando las condiciones higrotérmicas sean tales que el contenido de humedad de los tableros nunca sobrepase el 18%.

El hecho de que un tablero sea resistente a la humedad no le faculta para que sea expuesto a la intemperie sin protecciones adecuadas.



MDF resistente a la humedad y rechapado de melamina de 7 mm.

Tienen una coloración verde. (Calidad Hidrófugo T-313).

El tablero MDF hidrófugo, de Intasa, presenta los siguientes grosores:

Espesores habituales (mm)
3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 30, 35, 40

❑ **Ignífugo.**

Su comportamiento frente al fuego se ha mejorado.

Tiene las mismas propiedades físico-mecánicas que los tableros de fibras normales.

Tienen una coloración roja.

❑ **Con un determinado contenido de formaldehído.**

Contenido de formaldehído (HCHO) expresado en mg de HCHO/100 gr de tablero absolutamente seco: (Se encuentra entre estos valores):

- 1) E-1 < ó = 10.
- 2) E-2 < ó = 30.
- 3) E-3 < ó = 45.
- 4) E-4 < ó = 100.

❑ **Mixtos: resistentes a la humedad y de bajo contenido en formaldehído.**

Su comportamiento a la humedad se ha mejorado.

Su contenido en formaldehído está entre los valores especificados.

❑ **Mixtos: Resistentes a la humedad e ignífugos.**

Tablero cuyo comportamiento frente a la humedad y al fuego se ha mejorado.

❑ **Tratados contra agentes biológicos.**

Su comportamiento frente a agentes biológicos (insectos xilófagos, hongos xilófagos, termitas etc....) se ha mejorado.

❑ **Recubierto.**

- Chapas de madera naturales.

- Laminados decorativos de poliéster.
- Laminados de PVC.
- Papeles decorativos impregnados: papeles de pesos ligeros y medios(80 g/m<sup>2</sup>, por ejemplo), impregnados con melaminas (M).
  - + Melamina en una cara.
  - +Melamina en las dos caras.
- Lacas / pinturas.
- Barnices.
- Papel fenólico.
- Papel lacado.
- Chapa sintética
  - + Barnizable.
  - + Barnizada.

*Marcas comerciales:* De Finsa: “Fibraplast” (presentado en Construmat-87).



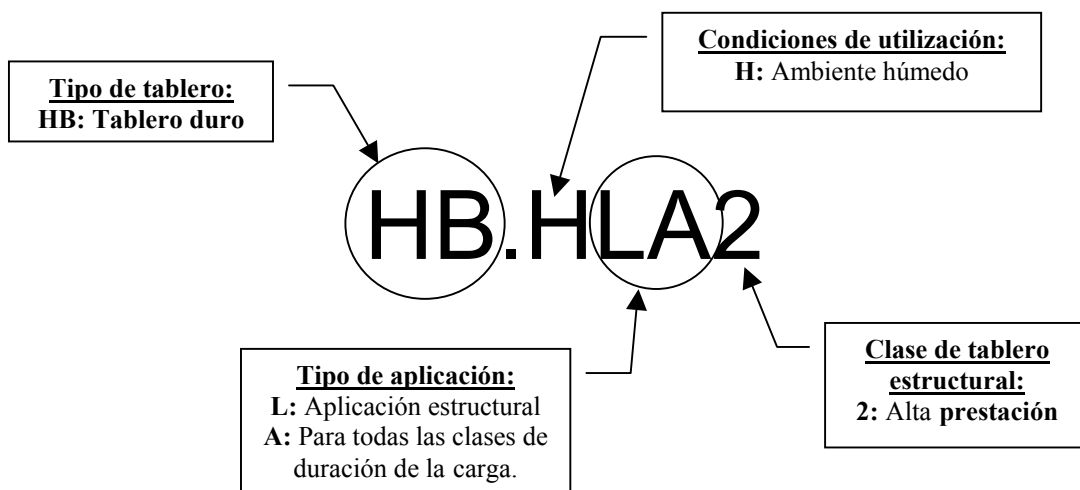
MDF 3 mm rechapado en madera

#### **7.3.3.5.6 Denominación de los tableros según su composición.**

Ejemplos tomados de la norma UNE-EN 316:2000 para denominar correctamente a estos tableros. Debe seguirse la siguiente pauta:

Tipo de tablero . condición de utilización + tipo de utilización + clase de duración de carga + clase de tablero estructural.





Resumiendo:

**HB.HLA2** Tablero duro de aplicación estructural de alta prestación para utilización en ambiente húmedo para todas las clases de duración de la carga.

Otro ejemplo:

**MDF.HLS** Tablero MDF estructural para utilización en ambiente húmedo solamente par cargas instantáneas o de corta duración.

### 7.3.3.6 Otros tableros de fibras.

#### 7.3.3.6.1 Tableros laminados (usados en la construcción)<sup>1564</sup>. Tablero de cartón laminado (Laminated paper board).

Existen varios procedimientos industriales para formar estos tableros:

- Combinando dos o más capas de cartón con resina u otro aglutinante
- Apegando con resina u otro aglutinante un papel delgado de propiedades específicas a una o a las dos caras de una lámina de cartón.<sup>1565</sup>

<sup>1564</sup> Realmente no deben incluirse en las clasificaciones de tableros de fibras por las características tan diferentes de éstos que poseen.

- Fabricados con residuos de papel y pasta de madera en varias capas y formando tablero muy gruesos:

Existen muchas marcas en el mercado: **Beaver Board**, **Upson Board**, etc., todas ellas de calidad aproximadamente igual. Este material se vuelve quebradizo muy rápidamente, y en general es demasiado frágil para usarlo como soporte

El **compo-board** es un material algo obsoleto que se hace con una lámina fina de madera ligera, cubierta por ambos lados con cartón de color pardo-rojizo.<sup>1566</sup>

#### 7.3.3.6.2 Paneles para suelos reductores de ruidos. Paneles de sub-capa absorbentes de ruidos.

Son paneles que se colocan inmediatamente después de la solera e inmediatamente antes del parquet o laminado para suelos que sea.

Se utilizan con el fin de absorber ruidos y suelen estar compuestos por una capa de fibras blandas (se adapta a las irregularidades de la solera) y otra de fibras duras en la parte superior.

Productos (De la firma Unifloor Underlay Systems):<sup>1567</sup>

- **Maratón Super:** Empezó a comercializarse en noviembre de 2001. Compuesto por una capa superior de fibras duras y una inferior de fibras blandas. Fabricado con desechos de madera de pino y abeto. Grueso de 6 mm. Dimensiones: 56 x 79 cm.
- **Soundeater:** Empezó a comercializarse en noviembre de 2001. Hecho de fibras de madera de coníferas. Dimensiones: 470 x 1170 x 15 mm. Está machihembrado.
- **Redupax:** Empezó a comercializarse también en noviembre de 2001. Hecho en madera de pino y abeto. La capa de

<sup>1565</sup> “Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada, *Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959, pág. 11.

<sup>1566</sup> Todos estos tipos de tableros, los menciona Mayer (Ralph Mayer, op. cit., pág. 233), y nosotros nos hacemos eco de ellos con una intención puramente pedagógica y panorámica, dado que no es posible su obtención actualmente y su eficacia más bien dudosa.

<sup>1567</sup> Para más información vid. Nelly Malmanger, op. cit., pág. 63-64.

madera dura en la parte superior y la de madera blanda en la inferior.

### **7.3.3.7 Propiedades.**

#### **7.3.3.7.1 Propiedades de los tableros de fibras de alta densidad.**

##### **- Propiedades generales:**

- Se eliminan los defectos habituales: vetas, nudos, fendas, etc.
- La madera con la que se ha fabricado, “no trabaja”.
- Superficie lisa por una cara y marcas de rejilla por la otra.
- En este tablero no se dan los fenómenos de pudrición que se observan en la madera puesto que con la desfibración y posterior prensado, se ha eliminado la estructura tubular de la madera, a la vez que se han introducido en la masa productos químicos que lo evitan. Es decir, puede presentar una resistencia biológica perfecta, tratado adecuadamente.
- Es flexible y, por lo tanto, apto para formar superficies curvas. Esta propiedad se acrecienta debido al bajo espesor que tiene.
- El tablero puede encolarse, clavarse, cortarse, mecanizarse, etc. como la madera, sin dificultad y con la misma herramienta.
- Dureza Brinell: 11,5.
- La madera con mejor calidad procede del eucalipto.
- Emisión de formaldehído: similar al de la madera, pues no hay entre su fibra aglomerante que no sea el suyo natural. Está clasificado como material P.1.

##### **- Propiedades físico-mecánicas de los tableros de fibras de alta densidad:**

###### **○ Resistencia a la tracción perpendicular a las caras.**

Posee gran resistencia a la tracción y compresión.

###### **○ Absorción de agua e hinchazón.**

El tablero duro impregnado con endurecedores se hace resistente a la humedad y puede usarse en exteriores.

Es uno de los materiales con una absorción superficial menor, por eso es un material muy apropiado para ser revestido con lacas, pinturas etc.

- **Estabilidad dimensional.**

En función de la saturación de humedad ambiental, los tableros pueden sufrir modificaciones dimensionales.

Según Spannagel, ocurre con ellos lo contrario que con los contrachapados y alistonados, que no sufren contracción, permanecen inalterables y no se alabea.<sup>1568</sup>

Camuñas piensa que tiene una estabilidad volumétrica perfecta.<sup>1569</sup>

A pesar de todo, si se producen uniones de tableros, deben dejarse juntas de dilatación de 1-2 mm por cada metro lineal.

- **Conductividad térmica.**

Es más atérmica<sup>1570</sup> que la madera natural.

#### **7.3.3.7.2 Propiedades de los tableros de densidad media (MDF).**

- **Propiedades generales.**

- Dado su sistema de fabricación, se trata de tableros totalmente homogéneos y uniformes en toda su extensión.
- Buena trabajabilidad: se trabajan igual que la madera natural.
- Salen de fábrica con una humedad entre el 7 y el 10%.

- **Propiedades físico-mecánicas.**<sup>1571</sup>

- **Estabilidad dimensional.**

---

<sup>1568</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 169.

<sup>1569</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., 336.

<sup>1570</sup> Atérmano: que difícilmente da paso al calor.

<sup>1571</sup> Sólo algunas de ellas, las que de alguna manera sean interesantes para nuestros fines.

Dimensionalmente estable para los usos para los que está destinado. Debería reducirse, o mejor eliminarse, su uso en las BB.AA. por los cambios dimensional que se producen con la variación de humedad.

- **Conductividad térmica.**

Véanse las correspondientes normas UNE.

- **Aislamiento acústico.**

Véanse las correspondientes normas UNE.

- **Comportamiento al fuego.**

Velocidad de propagación de la llama: 0,66mm/min.

Véanse las correspondientes normas UNE.

- **Densidad.**

Varía con el grosor siendo, en general, los menos gruesos los de mayor densidad. Podemos resumirlo así:

<b>Grososres (mm)</b>				
	<b>3-6</b>	<b>7-14</b>	<b>15-23</b>	<b>24-50</b>
	800	770	750	720
<b>Mínimo</b>	700	670	650	620

- **Resistencia a la flexión.**

Véanse las correspondientes normas UNE.

- **Resistencia a la tracción perpendicular a las caras.**

Véanse las correspondientes normas UNE.

- **Módulo de elasticidad.**

Véanse las correspondientes normas UNE.

### **7.3.3.7.3 Propiedades de los tableros de fibras duros.**

- **Propiedades generales.**

Salen de fábrica con una humedad entre el 7 y el 10%.

- **Propiedades físico-mecánicas.**

Estabilidad dimensional, conductividad térmica, densidad, resistencia a la flexión, Módulo de elasticidad, etc.

Pueden consultarse en las correspondientes normas UNE.

**7.3.3.8 Productos comerciales.**

**7.3.3.8.1 Productos comerciales según la FAO, en 1957.**

El cuadro va referido a tablero duros y aislantes nada más.

País	Producto comercial	Materia prima básica	Tipo de tablero
<b>Argentina</b>	Fiplasto	Madera (frondosas)	Duro
<b>Australia</b>	Burnieboard	Madera (frondosas)	Duro
	Caneite	Bagazo, madera (frondosas), papel usado	Aislante
	Timbrock	Especies frondosas mixtas	Duro
	Masonite <sup>1572</sup>	Madera (frondosas)	"
<b>Austria</b>	Funder	Madera (coníferas)	Duro
	Hermaltex	"	Aislante
	Isotex	"	"
	Leitgeb.	"	Duro y aislante
	Uzitex Tirotex	"	Aislante
<b>Bélgica</b>	Unalit, Unaboard	Madera (coníferas y frondosas)	Duro y aislante
<b>Brasil</b>	Duratex	Madera (frondosas)	Duro
	Eucatex	"	Duro y aislante
<b>Canadá</b>	Abitibi hardboard	Madera (coníferas y frondosas)	Duro
	Beaver board	Madera (coníferas)	Aislante (laminado)
	Insulboard	"	Aislante (laminado)
			Duro
	P-V Board	"	Aislante
	Donnacona	"	"
	Buffalo Board	Madera (frondosas)	"
	Ten-Test	Madera (coníferas y frondosas)	Aislante
		Madera (coníferas)	Duro
	Masonite <sup>1573</sup>	"	Aislante

<sup>1572</sup> Fabricado por la Masonite Corp. (Australia) Ltd.

<sup>1573</sup> Masonite Corp. Of Canada, Ltd.

<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b>
	Megantic Fibreboard	Madera (coníferas)	Aislante
	Yamaska board	Madera (frondosas)	Duro
<b>Chile</b>		Madera (coníferas)	Duro y aislante
<b>Colombia</b>		Especies frondosas mixtas	Duro y aislante
<b>Costa Rica</b>		Bagazo y papel usado	Tablero de fibra
<b>Dinamarca</b>	Danatex	Madera (coníferas)	Aislante
<b>Finlandia</b>	Ahlström A-board	Madera (coníferas y frondosas)	Duro y aislante
	Finnboard-Insulfin, Enso Ensonit	Madera (coníferas)	“
	Insulite	“	“
	Hackmanboard	“	Aislante
	Halltex	“	Duro y aislante
	Savoboard	“	Duro
	Schauman-board	Madera (coníferas y frondosas)	“
	Finnish Lion Board	Madera (coníferas)	“
<b>Francia</b>	Isorel	Madera (coníferas y frondosas)	Aislante
<b>Alemania Occidental</b>	Gutex	Madera (coníferas y frondosas)	Aislante
	Flexona Odenboard Tonowa Odenwald	“	“
	Atex.Tanatex Atexit. Novatex	Madera (coníferas)	Duro y aislante
	Homanit Homapas Homaton	“	“
	Imago Kragolite Kragodark	Madera (coníferas y frondosas)	“
	Sigolite Durotes Etzolit		
	Horn Hornit Super Hornitex	Madera (coníferas)	Duro
	Wirus	“	“
<b>Alemania Oriental</b>		Madera y materias primas distintas de la madera	Duro y aislante
<b>hawai</b>	Canec	Bagazo	Aislante
<b>Indonesia</b>	Seranite	Residuos de fibra de coco	Duro
<b>Irlanda</b>	Lignatex	Madera (coníferas)	Duro
<b>Israel</b>	Sefen	Madera (frondosas)	Duro y aislante
<b>italia</b>	Castex	Madera (frondosas)	Duro
	Faesite	Madera (coníferas)	“

<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b>
	Masonite <sup>1574</sup>	Madera (coníferas y frondosas)	"
<b>Japón</b>	Ajinomoto Tex	Paja	Aislante
	Sunny Board	Madera	Duro
	Azumatex	Madera (coníferas)	Duro y aislante
	Masarite	Bambú	Duro
	Hoshitex	Madera (coníferas) y paja	Aislante
	Japanite	Madera (coníferas)	Duro
	Softex		Aislante
	Mitsui Board	Madera (coníferas y frondosas)	Duro
	Nikkatex	Madera	"
	Sunrite	Madera (coníferas)	"
	Nipponrite	Madera (coníferas y frondosas) y paja	"
	Nitotex		Aislante
	Tomatex	Madera (coníferas)	"
	Tsurutex	Madera (coníferas) y paja	Duro
	Fujishirushi Tex		Duro y aislante
<b>México</b>	Fibracel	Frondosas tropicales	duro
<b>Piases Bajos</b>	Nivolite	Paja	Duro y aislante
<b>Nueva Zelanda</b>	Pinex	Madera (coníferas)	Duro y aislante
<b>Noruega</b>	Brumunit Brunex	Madera (coníferas)	Duro y aislante
	Huntonit	"	"
	Fibonite	"	Duro
	Nortex Nöstex	"	Duro y aislante
	Trenit	"	Aislante
<b>Filipinas</b>		Bambú	Tablero de fibra
	Lawanit	Frondosas tropicales	Duro
		Residuos de fibra de coco	"
<b>El Sarre</b>	Renitex	Madera (coníferas y frondosas)	Duro
<b>España</b>	Tablex <sup>1575</sup>	Madera (coníferas y frondosas)	Duro
<b>Suecia</b>	Ankarboard	Madera (coníferas)	Duro y aislante
	Kramfors Crown Double Crown	"	Duro
	Holmenboard	"	"
	Karlit	"	"
	Katrinite	"	"
	Ljusneboard LW	"	Duro y aislante
	Fibrex	"	"
	Thermotex Treetex	"	"

<sup>1574</sup> Feltrinelli Masonite S.p.A.

<sup>1575</sup> De Tableros de Fibras, S.A. (Valladolid).



<b>País</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Materia prima básica</b>	<b>Tipo de tablero</b>
	Masonite Presdwood	"	Duro
	Pilgrimboard	"	"
	Rockboard Rockhammer	"	Aislante
	Unite Unitex Unilac Unitone Silvatex	"	Duro y aislante
	Royal Board	"	Duro
	Swanboard Viking	"	Duro y aislante
	Torex Jonitex	"	"
	Hernite	"	"
	Wistaboard	"	Duro
<b>Suiza</b>	Pavatex	Madera (coníferas)	Duro y aislante
	Holzerit Grisotex	"	Duro y aislante
<b>Taiwán (Formosa)</b>		Madera (coníferas y frondosas)	Duro
		Bagazo	Duro y aislante
<b>Uganda</b>		Papiro	Duro
<b>Unión Sudafricana</b>	Timberit	Madera (frondosas)	Duro y aislante
	Masonite	Madera (coníferas y frondosas)	"
<b>Reino Unido</b>	Bowaters Building Board	Madera (coníferas y frondosas)	Duro y aislante
	Celotex	"	Duro
		Bagazo, madera y papel usado	Aislante
	Sundeala	Madera (coníferas y frondosas)	Duro y aislante
	P. D. Insulation Board	Madera (coníferas)	Aislante
<b>EE.UU.</b>	Armourboard	Madera (coníferas)	Duro
	Temlock	Madera (principalmente coníferas)	Aislante
	Maizewood	Madera (y algo de agramiza de lino)	Aislante
		Madera (coníferas y frondosas)	"
		Madera (frondosas)	Duro
	Celotex	Bagazo	Aislante
	Oregón Brand Hardboard	Madera (coníferas)	Duro
	Fix-Text	"	Aislante
	Flintkote Stalwart	"	"
	Forest Board Foron Forall	"	Duro
	Homasote	Papel usado	Aislante
	Bildrite Insulite	Madera (coníferas y frondosas)	Duro y aislante
	J – M Insulation Board	Madera (principalmente coníferas)	Aislante
	Masonite Presdwood	Madera (frondosas)	Duro
	Marlite Panel-wood Duolux Panel-wood	Madera (coníferas)	"
	Lockarie	Madera (coníferas) y raíces de regaliz	Aislante
	Gold Bond	Madera (principalmente coníferas)	"
	Structoboard (tablero duro)	Madera (coníferas)	Duro y aislante

País	Producto comercial	Materia prima básica	Tipo de tablero
	Dee Board	"	Duro
	Simpson All-Board	"	Aislante
	Superwood	Madera (coníferas y frondosas)	Duro
	Weatherwood (tablero aislante)	Madera (principalmente coníferas)	Duro y aislante
	Weytex	Madera (coníferas)	Duro
	Un-Wood	Madera (coníferas y frondosas)	Aislante
Yugoslavia	Bosanka Lesonit		Duro
	Foca		Duro y aislante

### 7.3.4 TABLEROS DE MADERA-CEMENTO.

Otras denominaciones: **Tableros de conglomerante o aglomerante hidráulico. Tableros conglomerados. Planchas de lana de madera aglomeradas con sustancias minerales. Madera mineralizada. Placas ligeras de lana de madera. Placas de viruta de madera mineralizada. Hormigón de serrín. Tableros de partículas-cemento. Fibre-cement panels. Mineral-Bonded Boards. Cement-Flake Board.<sup>1576</sup> Cement-bonded particleboard. Tableros pegados con cemento.**

Pueden consultarse estas normas:

- UNE-EN 316:2000. *Tableros de fibras. Definición, clasificación y símbolos.*
- UNE-EN 633:1995. *Tableros de partículas aglomeradas con cemento. Definición y clasificación.*
- UNE-EN 634-1:1996.<sup>1577</sup> *Tableros de partículas aglomeradas con cemento. Especificaciones. Parte 1: Especificaciones generales.*
- UNE-EN 634-2:1997. *Tableros de partículas aglomeradas con cemento. Especificaciones. Parte 2: Especificaciones para los tableros de partículas aglomeradas con cemento Portland ordinario para su utilización en ambiente seco, húmedo y exterior.*
- UNE-EN 1128:1996. *Tableros de partículas aglomerados con cemento. Determinación de la resistencia al choque por cuerpo duro.*
- UNE-EN 1328:1996. *Tableros de partículas aglomeradas con cemento. Determinación de la resistencia a la congelación.*

<sup>1576</sup> Información técnica de Valmet Panelboard Oy (de la antigua firma Sunds Defibrator), "The world of fiber technology", Finland, 2000, pág. 7.

<sup>1577</sup> Nos informa de las especificaciones de estos tableros al salir de fábrica: tolerancias dimensionales, humedad, marcado, etc.

#### **7.3.4.1 Definición.**

Según las normas UNE,<sup>1578</sup> el tablero de partículas-cemento es el fabricado mediante la aplicación de presión sobre partículas de madera u otras de naturaleza vegetal, aglomerados con cemento, pudiendo llevar otros aditivos.

Tableros derivados de la madera formados por materiales lignocelulósicos aglomerados con pastas o morteros de cemento Pórtland, que posteriormente son prensados para obtener distintos productos, a parte, de los tableros.

#### **7.3.4.2 Características.**

Según la proporción de material lignocelulósico y cemento, las características varían.

Una relación usual de cemento-madera es de 1:1.

El cemento ofrece en la cara una superficie lisa y pulida.

Resisten temperaturas de hasta 500° C.

Pueden clavarse sin problemas.

No es demasiado popular porque absorbe humedad y se deforma fácilmente.

#### **7.3.4.3 Clasificación según las normas UNE.<sup>1579</sup>**

- Según el aglomerante.
  - Aglomerados con cemento Pórtland corriente (C.P.O.)
  - Aglomerados con cementos derivados del magnesio (por ejemplo magnesita).
- Según el estado de superficie.
  - No lijados.

---

<sup>1578</sup> Norma UNE-EN 633:1995.

<sup>1579</sup> Idem.

- Lijados.
  - Pintados (pinturas líquida o en polvo).
  - Revestidos con materiales en forma de chapas o láminas (laminados plásticos decorativos, papeles decorativos impregnados, chapas metálicas.
- Según la coloración.
    - Coloreados en masa.
    - Sin coloración añadida.
  - Según la forma.
    - Con superficie plana y cantos simples.
    - Con superficie mecanizada.
    - Con cantos mecanizados.

#### **7.3.4.4 Materiales.**

- **Madera y otros materiales lignocelulósicos.**

Astillas de madera de las usadas para los tableros aglomerados de partículas es el elemento más utilizado, pero hay otros: «(...) Integrados por tallos vegetales – paja, gramíneas, acículas, hojas de palmito, adelfa, etc.»,<sup>1580</sup> aunque también se utilizan fibras leñosas de todo tipo, como en la fabricación de los tableros aglomerados de partículas, también virutas, lana de madera y serrín dependiendo del producto.

- **Aglomerantes.**

Yeso y magnesita.

Cemento Portland principalmente, aunque tableros como *Heraclit* utilizan cemento Sorel.<sup>1581</sup>

Otros aglutinantes usados: Oxiclورو de magnesio, oxisulfato de magnesio u otros cementos.

---

<sup>1580</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 334.

<sup>1581</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 334. Para Petrignani el tablero está compuesto por virutas comprimidas y endurecidas con sulfato magnésico y cemento Portland (Achille Petrignani, *Tecnologías de la arquitectura*, Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1970, pág. 454).

- **Aditivos.**

Suelen llevar aditivos para modificar sus propiedades.

#### 7.3.4.5 Dimensiones.

Son habituales las siguientes:

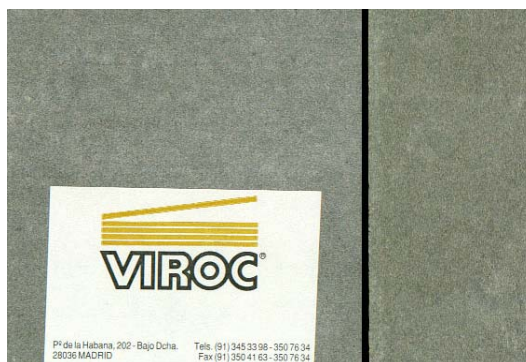
- 2000 x 500 x 25 mm.
- 2000 x 500 x 35 mm.
- 2000 x 500 x 5 mm.

#### 7.3.4.6 Productos comerciales.

- **Tablero Viroc** de madera cemento para cubiertas. Comercializado por la División de construcción de Radisa.
- Otro producto comercializado en España es el **Viroterm**: «(...) hecho con fibras largas de madera previamente mineralizada y en forma de placas.»<sup>1582</sup>



Anverso y reverso. Tablero de 10 mm Viroc.



Anverso y reverso. Tablero de 8 mm Viroc.

- En noviembre de 2001 se lanzó al mercado otro producto denominado **PLS**.<sup>1583</sup> Destinado a usos constructivos como aislante térmico y acústico. Utiliza deshechos de madera estabilizada y cemento.

<sup>1582</sup> Cassinello, op. cit., pág. 81.

<sup>1583</sup> No confundirlo con el PSL o Paralell Strand Lumber.

Ficha técnica:<sup>1584</sup>

- Densidad: 300 a 380 Kg/m<sup>3</sup>.
- Posibilidad de materiales: Tableros o bloques resistentes al agua, fuego, hielo, etc.
- Ecológico, ligero, higroscópico y permeable al vapor.
- Se puede trabajar igual que la madera natural.
- Medidas: de los paneles estructurales: 10 x 25 x 100 mm y 6 x 50 x 100 cm y de los bloques: 78 x 78 x 80 cm.

Se comercializan otros productos que no son tableros, como dovelas, bovedillas, etc.

Otros marcas comerciales más antiguas: *Eterna*<sup>1585</sup>, *Durisol*<sup>1586</sup>, *Fonitram*<sup>1587</sup>, *Lar*, *Durolit*, *Populit*<sup>1588</sup>, *Heraclit*, *Ebanol*, *Panol*, *Termotex*<sup>1589</sup>, placas *Tekton*.<sup>1590</sup>

#### **7.3.4.7 Usos.**

Principalmente en la construcción.

---

<sup>1584</sup> Nelly Malmanger, “Batimat 2001. PLS”, *Montes*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 56.

<sup>1585</sup> Con fibras leñosas.

<sup>1586</sup> Con virutas de madera.

<sup>1587</sup> Con serrín de madera.

<sup>1588</sup> Es un aglomerado realizado con fibras de madera de chopo, mineralizadas y cemento Portland de alta resistencia (Achille Pettrignani, op. cit., pág. 454).

<sup>1589</sup> Losetas antiacústicas.

<sup>1590</sup> Con armadura de listones.

### 7.3.5 PANELES O TABLEROS DE COMPONENTES ESTRATIFICADOS HUECOS Y/O MACIZOS.

Otras denominaciones: **Estructuras compuestas**. **Planchas macizas**. **Chapas macizas**<sup>1591</sup>, **Tableros de alma llena**<sup>1592</sup>.

Dentro de este importante grupo de tableros debemos hacer una clasificación que va a diferenciar un grupo de tableros de otro en función de los materiales con los que están fabricados. Al primer grupo pertenecen los denominados **Tableros Armados**, que son tableros que, normalmente están fabricados por completo de madera y derivados celulósicos (papel, cartón, etc.). El otro grupo está formado por los llamados **Tableros Mixtos**, cuyos componentes, a parte de la madera, no son celulósicos: tales como cemento, espumas rígidas, plásticos, yesos, lana de vidrio, etc.

Por la disposición exterior de estos tableros, contruidos con chapas o tableros de madera, se produce una gran resistencia al alabeo porque esas láminas exteriores contribuyen notablemente al esfuerzo, rigidizando el conjunto. Esto mismo ocurre con las vigas en doble "T" y los tableros aglomerados.

Existe otro grupo que comparte algunos componentes con los tableros anteriores pero no coincide con ellos en lo básico: la madera. Es decir, son tableros en los que no está presente la madera pero su configuración es sandwich y sus materiales suelen ser de índole sintética.<sup>1593</sup>

#### 7.3.5.1 Tableros armados<sup>1594</sup>.

Otras denominaciones: **Tableros isoplanos**<sup>1595</sup>. **Tableros huecos**. **Tableros forrados de corazón hueco**<sup>1596</sup>. **Tableros con núcleo**.<sup>1597</sup>

---

<sup>1591</sup> Planchas o chapas macizas son términos poco usados. Hace referencia a ellos *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978, pág. 113

<sup>1592</sup> A. W. Taylor, op, cit., pág. 398.

<sup>1593</sup> Para información completa de esto tipo de tableros vid. Isabel Rodríguez Sancho, "Nuevos soportes rígidos con fines artísticos", tesis leída en La Facultad de BB.AA. de la Universidad Complutense de Madrid, 1994.

<sup>1594</sup> Hay un artículo de Aitim: "35 años de los sellos de calidad Aitim", en el que se comentan los distintos sellos obtenidos por empresas españolas desde 1967. Muchos de esos sellos van referidos a puertas planas, muy de moda en esos primeros años, y en ellos podemos hacernos una idea muy exacta de la formación del alma, paramentos, bastidores, etc. Que conformaban esas puertas ("35 años de los sellos de calidad Aitim", *Aitim*, nº 216, marzo-abril, Aitim, Madrid, 2002, págs. 33-102).

Tableros de tambor. Tableros de capas intercaladas. Hollow core board.<sup>1598</sup> Tableros de revestimiento resistente o Stressed skin panels.<sup>1599</sup> Tablero complejo (Composite board).<sup>1600</sup>

#### 7.3.5.1.1 Definición.

Como su nombre indica, a un tablero se le ha incorporado un refuerzo que hace de él un elemento más resistente, se le ha dotado de un armazón, que normalmente consiste en:

Un bastidor, un alma o trillaje y unos paramentos o tableros delgados (también chapas gruesas) que recubren ambas caras. No es habitual encontrar estos tableros en dimensiones normalizadas (122 x 244 cm, por ej.) ya que sus prestaciones, en principio, fueron limitadas a la construcción de puertas.<sup>1601</sup>

Es importante comentar que la mayoría de estos tableros basan sus almas, en la aplicación de módulos o redes modulares, es decir, la repetición de un elemento constructivo para generar superficies homogéneas.

El avance de los soportes de madera destinados a las BB.AA. ha ido parejo a los hallazgos en el terreno de la carpintería de taller, ebanistería construcción, etc., es decir, que todas las mejoras constructivas halladas en

---

<sup>1595</sup> El término deriva de las “puertas isoplanas” o puertas con el mismo grosor y composición en toda su superficie. Fueron puertas resistentes, ligeras y baratas que en la actualidad han sido desplazadas por puertas de M.D.F. o de tablero aglomerado de partículas, fundamentalmente.

<sup>1596</sup> Lleva el nombre de las puertas fabricadas con esos tableros.

<sup>1597</sup> M.D. Gottsegen, *A manual of Painting Materials and Techniques*, Harper and Row Publishers, New York, 1987, págs. 8-9.

<sup>1598</sup> “Tablero con hueco aislante”; procede de las puertas con hueco aislante (hollow core door) que consisten en un bastidor y dos tableros que delimitan las caras. Su interior queda hueco y puede rellenarse con distintos materiales para impartir rigidez al conjunto. El término hollow core door aparece en R.E. Putnam et al., op. cit., pág. 332.

<sup>1599</sup> Tiene un diseño similar al de las vigas cajón y se utilizan en la formación de suelos. Para más información vid. Emilio Miguel Mitre, op. cit., pág. 18.

<sup>1600</sup> Con esta acepción se agrupaban en los años 50 tableros de madera aglomerada con chapas en las caras, los tableros aislantes y aglomerados con revestimientos de planchas duras y los tableros duros con revestimiento metálico. En la actualidad no se suelen agrupar de esta manera.

<sup>1601</sup> Al tener esa limitación de fábrica y un destino concreto y único, no se encontraba en otros formatos que no fueran los mencionados (puertas, tabiques separadores, etc.) A pesar de ello, algunos de estos tableros podemos construirlos nosotros mismos en formatos mayores. Los que nos van a resultar más fáciles de construir son los basados en redes modulares, como las de alma alveolar, dado que suelen venderlos en formatos de 1219 x 2438 mm, con un peso de 4 Kg aproximadamente (paneles de nido de abeja *Tycore Archivart*, por ejemplo).



esos terrenos tienen su fiel reflejo en las BB.AA., que tradicionalmente se ha ido nutriendo de los avances técnicos de su época.

#### **7.3.5.1.2 Historia.**

Se idearon, realmente, con el fin de aprovechar una serie de residuos generados por industrias que utilizaban principalmente productos celulósicos como madera, paja, cartón, corcho, etc.

Hasta los años 50 los tableros empleados para la fabricación de puertas seguían el sistema de marco-plafón, es decir, que un bastidor o marco servía de estructura y los huecos existentes entre sus largueros, testereros y travesaños intermedios se rellenaban con entrepaños, plafones, etc. A mediados de los 50<sup>1602</sup> todo esto cambia por el gran desarrollo de tableros como el contrachapado.

Esos productos celulósicos de los que hablábamos antes formaban parte del alma de un tipo de tableros, que comenzaron su andadura en nuestro país en 1952, en Santander<sup>1603</sup>, y que fueron empleados fundamentalmente en la fabricación de **puertas planas**<sup>1604</sup>, económicas, algunas, de no muy buena calidad, pero de precio y peso reducidos frente a una gran estabilidad dimensional:

Otro sistema para aprovechar restos y maderas viejas o de inferior calidad es el de integrarlos en planos de espesor constante, enchapando a continuación el conjunto por sus caras mayores con hojas o tablas para obtener un tablero ligero e indeformable.<sup>1605</sup>

#### **7.3.5.1.3 Materiales.**

##### **- Bastidor.**

Habitualmente el bastidor era construido con listones obtenidos de maderas blandas (coníferas), fruto de sobrantes de otras industrias. Resulta evidente que si deseamos realizar un bastidor con garantía, debemos utilizar

---

<sup>1602</sup> En el terreno de la aeronáutica ya se había comenzado en 1946 al construir el ala de un avión con un núcleo alveolar de papel.

<sup>1603</sup> Nos referimos a la casa Marga S.A. que fabricó las famosas puertas “MARGA”, basadas en un sistema de listones que se comentará más adelante.

<sup>1604</sup> También llamadas puertas “a paño”.

<sup>1605</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 33.

listones de calidad, de maderas secas, desprovistas de fendas, bolsas de resina y nudos, en la medida de lo posible. La especie de madera ha de ser la misma para evitar problemas de tipo estructural, siendo habitual pino radiata, pino silvestre y pino pinaster:

Todos (largueros, testers, etc.) deben ser de la misma especie o del mismo material lignocelulósico, para que en el prensado todos resistan por igual, evitando defectos de planitud local. Por esta misma razón, es esencial que el grueso de los largueros se obtenga en la misma jornada y en la misma máquina.<sup>1606</sup>

Las escuadrías de los bastidores, referidos a la construcción de puertas, suelen oscilar bastante, es común una escuadría de 7 x 4,5 cm, aumentando esa anchura en los peinazos superiores. El grosor de los largueros y testers junto con el grosor de los paramentos determina el grosor final del tablero, puerta, etc.

El ensamblaje suele ser a caja y espiga. Para su uso en BB.AA., esas escuadrías pueden reducirse notablemente, ya que sí no aumentaría mucho el peso inútilmente.

**- Listones perimetrales. Refuerzos perimetrales.**

Formados por listones de madera iguales a los empleados para la fabricación de bastidores ordinarios. Su calidad depende del destino del tablero. Si se utiliza para la fabricación de puertas y elementos baratos, los listones suelen ser de baja calidad. Para usos artísticos deben emplearse los de mejor calidad posible.

**- Alma. Corazón.**

Alma es todo aquel material que se encuentra dentro del espacio formado por el bastidor perimetral y los dos paramentos.

Compuesta por materiales, como ya dijimos, de tipo celulósico: listones, papel, cartón en tiras, paja cortada, virutas, astillas, etc.

Las caras del alma se enrasan para formar una superficie plana que se pueda encolar luego a los paramentos.

---

<sup>1606</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit.,pág.131.

Lo que más interesa tener como alma es un material que sea resistente pero ligero a la vez. La naturaleza nos ofrece, fundamentalmente, esto en cuatro especies maderables, que no siempre a nuestro alcance: Balsa, Palomero, Ceiba y Chopo.



Tablero ligero con alma de madera de balsa y caras de haya.

Especies muy usadas a mediados del siglo XX en la aeronáutica, por la poca densidad y buena resistencia, cualidades precisamente que las hacen aptas para formar parte del alma de



Publicidad de la madera de balsa aparecida en la revista *Montes*, en 1959. Puede observarse la ligereza de esta madera, debida a su baja densidad, viendo como ese trabajador transporta gran cantidad de tablas a su espalda. Esto no es nada exagerado. La ilustración se basa en una fotografía idéntica tomada por la Cía. Ecuatoriana de Balsa, S.A. (*Montes*, año XV, nº 85, ene-feb, 1959).

los tableros.

Maderas más ligeras <sup>1607</sup>					
Especies	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen de poros (%)	Usos	Ubicación geográfica	Notas
<b>Balsa</b> <sup>1608</sup> ( <i>Ochroma Lagopus Swartz</i> )	0,120	90-92%	- De los mejores materiales de construcción desde el punto de vista de resistencia mecánica. - Fabricación de aviones <i>Mosquito</i> y la "balsa" <i>Kon Tiki</i> . - Aislantes, embalajes. - Puertas planas. <sup>1609</sup>	América Central y el Norte de América del Sur. <sup>1610</sup>	- Es la madera más ligera del mundo. - De menor densidad que el corcho.
<b>Palomero</b> ( <i>Musanga Smithii R. Br.</i> )	0,225	80%	- Fabricación de planeadores para aeromodelismo durante los años 60.	África.	- No tiene H <sup>a</sup> . - Llamada <i>Balsa africana</i> .
<b>Ceiba</b> <sup>1611</sup> ( <i>Ceiba Pentandra Gaertn</i> )	0,400	75%	- Apenas utilizada.	África, Asia y América.	- Consistencia corchosa.
<b>Chopo</b> ( <i>Populus nigra</i> )	0,480	70%	- Muy usado para desenrollado en sustitución del ocumé y el abedul. - Para fabricar cerillas, palillos e instrumentos musicales.	Europa, Asia y Norte de África.	- No contiene sustancias de impregnación

#### - Paramentos. Caras. Tapas. Forros.

Deben tener un grosor mínimo de 3 mm para evitar el efecto "transparencia" y que se haga evidente el alma.

Se ha utilizado principalmente tablero contrachapado.

También se usaron chapas metálicas desde que empezaron a comercializarse estos tableros.

<sup>1607</sup> Vid. Fernando Nájera y Angulo, "Aplicaciones industriales de la madera de chopo: Estudio técnico y económico", *Montes*, año XVI, n° 95, Sept-Oct, 1960, Montes, Madrid, págs. 444-445. También vid. Juan de Pedro, "Ficha técnica de maderas nacionales. Chopo", *Acomat*, año XII, n° 62, Ene-Feb, 1990, Acomat, Madrid, pág. 18-20. Interesante también el artículo de Joaquín Martín Diéguez, "El Palo balsa", *Montes*, año XV, n° 85, Ene-Feb, 1959, Montes, Madrid, págs. 67-70.

<sup>1608</sup> También llamada *Palo balsa*. Nombre dado por los españoles, pero esta madera ya era usada por los incas para hacer embarcaciones, de ahí el nombre.

<sup>1609</sup> Este punto es el que nos interesa ya que se usó como alma del tablero recubierta por chapas, consiguiendo gran rigidez e indeformabilidad.

<sup>1610</sup> Pero sobre todo abundaba en Ecuador, en la cuenca del río Guaya. Ecuador era el país que aportaba el 90% de la producción mundial por medio de la "Compañía Ecuatoriana de Balsa", S.A., de Guayaquil. Después de la II Guerra Mundial ya no quedaban ejemplares en la orilla del Pacífico, pues se utilizaron, como ya dijimos, para construir aviones. Lo que queda se encuentra en la selva interior de Ecuador ("Kon-Tiki", *Aitim*, n° 196, Nov-Dic, 1988, Aitim, Madrid, pág. 108).

<sup>1611</sup> España la obtenía de su antigua colonia del Golfo de Guinea.

Asimismo son muy usados los paramentos de tableros aglomerados de partículas (particle board panel stock), de fibras duros y MDF, con espesores mínimos de 5,0 mm para el primero, 3,2 para el segundo y 5,0 mm para el tercero.<sup>1612</sup>

Realmente se puede forrar el alma con cualquier superficie plana con tal de que no aplaste el alma por exceso de peso o tengan problemas de adhesión.

También desde los años 40 se le fueron incorporando productos novedosos de aquella época. Dichos productos comenzaron su andadura al final de dicha década. Nos referimos a los paneles HOLOPLAST, WAREITE, y la famosísima FORMICA.<sup>1613</sup>

#### - **Adhesivos.**

Dependerán de los distintos elementos a unir. En cada caso aplicar el más adecuado. Véase el capítulo correspondiente.

#### **7.3.5.1.4 Dimensiones.**

Habitualmente adquirían el tamaño de las puertas a que iban destinadas ya que ese era su destino principal. De todas maneras se trata de elementos prefabricados.

Dimensiones límite, aproximadas:

- Longitud: De 2,21 a 1,91 m
- Ancho: De 0,85 a 0,65 m
- Grosor: De 33 a 37 mm.

En nuestro caso dependerá de lo que queramos hacer y del formato en que se comercialicen tableros, listones, trillajes, etc.

---

<sup>1612</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 210.

<sup>1613</sup> En la actualidad estos paneles son utilizados como meras chapas de revestir o revestimientos decorativos. Se fundamentan en la impregnación de papeles de diferentes gramajes con resinas sintéticas que luego son sometidos a altas temperaturas y presiones.

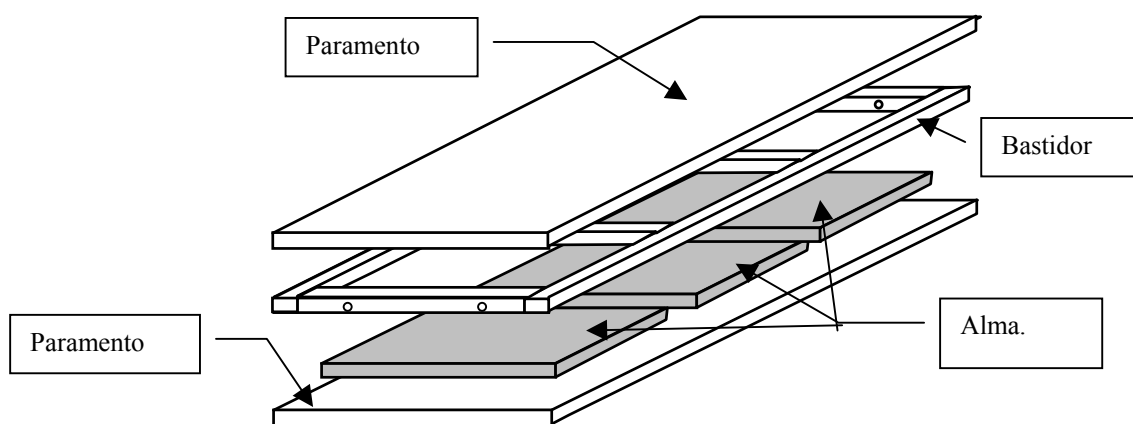
#### 7.3.5.1.5 Proceso de fabricación de estos soportes basados en el concepto de tablero ligero y resistente, derivado de la fabricación de puertas planas.

##### - Construcción con bastidor o armazón.

Estos tableros se componen fundamentalmente de un marco de madera o bastidor al que se le encola uno de los paramentos o caras (o superficies exteriores) con el fin de delimitar las dimensiones tanto del tablero como del alma.

A este conjunto se le incorporaría el alma, encolada o no dependiendo de las mismas, y por último se encolaría el otro paramento, con lo que quedaría cerrado el proceso de construcción, quedando dispuesto el tablero para su prensado.

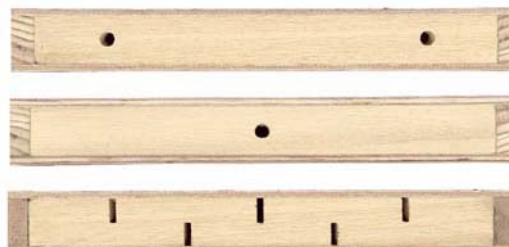
Los gramajes de encolado oscilan entre 200 y 300 g/cm<sup>2</sup>.



Es habitual que el tablero quede cerrado por los dos paramentos pero frecuentemente se omite el trasero, sobre todo en el soporte de índole artística y en la fabricación de muebles en los que no sea necesario dicho paramento por quedar oculto. El paramento trasero vendría a ser el equivalente de la chapa de compensación de los tableros de alma enlistonada y siempre sería aconsejable su utilización.

Como el tablero encolado se lleva a la prensa, en los que tienen ambas caras recubiertas por los paramentos, suele quedar aire ocluido en condiciones desiguales a la del aire atmosférico circundante.

Esto genera complicaciones, de ahí la razón de realizar una serie de orificios o ranuras en los travesaños o peinazos superior e inferior o en zonas que puedan quedar ocultas a la vista.



Listones perforados y listones ranurados.

Estos orificios aseguran la ventilación adecuada del panel y, en el caso de prensados en caliente, evitar que los gases producidos puedan reventar los tableros:

El exceso de humedad en la madera durante la unión puede ser causa de una elevada absorción al aplicar el adhesivo, o de una sobrepenetración, así como de incrementar el volumen de materiales volátiles, que en el caso de que la unión se realice por prensado en caliente, puede llegar a explotar haciéndola inservible. (...) Las maderas suaves [blandas] tienen un contenido elevado de resina que unido a los materiales volátiles pueden favorecer las explosiones, particularmente cuando se unen en caliente, por lo que es recomendable que se encuentren hasta cierto punto secas para proceder a la unión.<sup>1614</sup>

Los orificios internos hay que hacerlos, lógicamente, antes de encolar a los paramentos. Los del bastidor, si son taladros, pueden hacerse indistintamente antes o después de encolar las caras, pero si vamos a efectuar canalillos o ranuras, como han de hacerse con la sierra circular (o con la fresadora) conviene que el bastidor tenga encolado, como máximo, sólo uno de los paramentos.



Tablero armado con bastidor y cruceta de canto y recubierto con dos paramentos.

<sup>1614</sup> Liesa-Bilurbina, op. cit., pág. 102-103.

Ha de evitarse en lo posible la obturación de estos orificios, si esto ocurriera por causa de la *tela*, se procuraría hacer un taladro alternativo en una zona que enlace interior y exterior.

El conjunto se prensa en las siguientes condiciones. «(...) entra en la prensa donde permanece entre 7 y 8 minutos a una temperatura de 105 a 115° C, bajo una presión de 2 a 3 Kg/cm<sup>2</sup>.»<sup>1615</sup>

Estos orificios también serían apropiados, si su diámetro lo permite, para la inyección de espumas de poliuretano que eviten hundimientos de los paramentos (cuando éstos son de escaso grosor y no están encolados a las crucetas), a la par que evitan la acumulación de suciedad en los soportes huecos. La inyección debe realizarse con los paramentos prensados para evitar deformaciones, ya que existen espumas con tendencia a expandirse varias veces su volumen inicial.

Este tipo de tableros puede verse en la obra de Lucio Muñoz “La vaca”, de 1964. En ella, sobre todo en la parte inferior, pueden apreciarse restos del paramento anterior y el bastidor interno. Más arriba se observa la huella dejada por los peinazos al ser arrancados.

#### **- Construcción sin bastidor.**

En caso de no llevar bastidor el proceso sería el siguiente:

Se coloca un paramento sobre una superficie plana. Se encola dicho paramento para recibir al alma, que quedará adherido a él. Posteriormente encolamos o el alma o el u otro paramento (como nos sea más cómodo) y todo el conjunto se coloca bajo la prensa.

El alma da rigidez al conjunto además de ser un enlace entre los paramentos, los mantiene a la misma distancia, es decir, paralelas entre sí

---

<sup>1615</sup> Luis García Esteban, et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 214.



A pesar de no necesitar bastidor en principio, a veces, es necesario incorporar en los cantos unos elementos que aporten rigidez, que protejan los bordes, o simplemente un lugar donde clavar las grapas o tachuelas para poder tensar una tela.

Un caso típico sería un tablero cuya alma estuviera formada por las tiras dentadas "Refort".<sup>1616</sup>

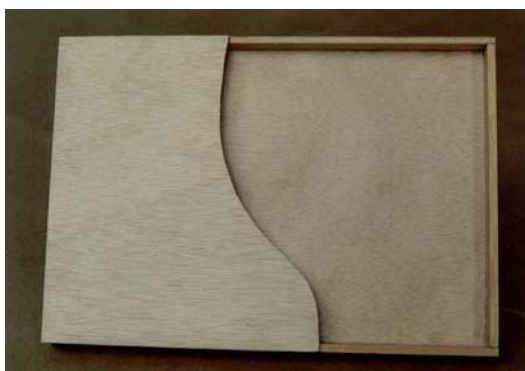
En este caso, las tiras dentadas no se encolan entre sí, es decir, no hace falta encolar las ensambladuras, solamente se encolan las caras de los paramentos que van a estar en contacto con ellos. En estos tableros, si se destinan a soportes artísticos, convendría la colocación de un listón perimetral para darle una terminación más uniforme que posibilite el clavado de telas, colocación de molduras y marcos.

#### **7.3.5.1.6 Clasificación en función del alma.**

“Según los materiales” que constituyen el alma o corazón:

##### **- Tableros sin alma.**

Útiles sólo en pequeños formatos siempre y cuando el grosor de los tableros o paramentos que forman sus caras evite el hundimiento de los mismos.



##### **- Alma o corazón formados por listones de madera. Alma de tiras de madera, de chapas.**

---

<sup>1616</sup> Del que hablaremos más adelante.

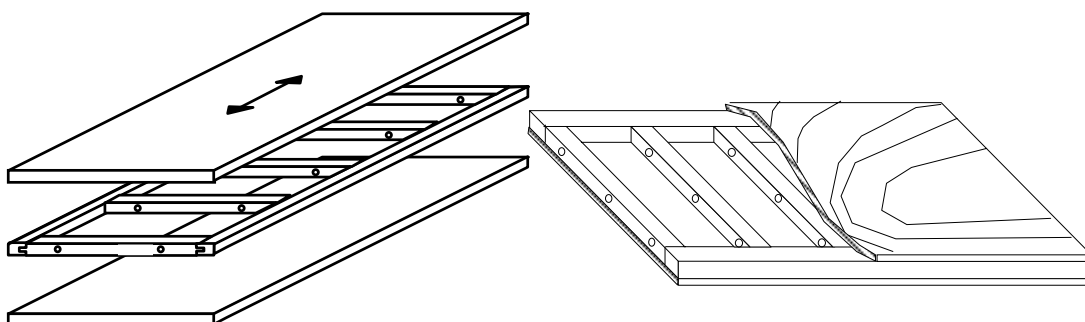
- **Tablero con bastidor de travesaños. Tablero con bastidor de peinazos paralelos. Tablero de bastidor recubierto. Tablero de bastidor con paneles encolados sobre él.**

Es un bastidor básico, muy sencillo de construcción y de concepto. Si los paramentos presentan alguna deformación (cosa frecuente cuando se trata de tableros delgados) se aminoran con el encolado de estos paramentos al bastidor y a los peinazos intermedios.



Alma formada por peinazos paralelos.

Es común, en éste y otros bastidores similares, el hecho de realizar unos taladros<sup>1617</sup> de los que ya hemos hablado.<sup>1618</sup>



El grosor del bastidor o de los listones perimetrales definirá el grosor del alma y del tablero, que merced a los paramentos generarán una superficie uniforme, de idéntico grosor en todo el tablero.

Los peinazos intermedios quedan totalmente ocultos y tienen como misión, aparte de evitar deformaciones de los largueros, impedir el hundimiento local, es decir, acercamiento y/o el alejamiento de los

<sup>1617</sup> Dichos taladros tienen por misión permitir la aireación del interior y así permitir la salida al exterior de los gases de los disolventes usados en el encolado, pero sobre todo que permita la salida del vapor de agua que se forma al utilizar colas de alta temperatura de fraguado, de especies vegetales de gran contenido de agua. Esto ocurre también con los tableros contrachapados de chopo, que durante su proceso de fraguado suelen producirse estallidos de bolsas de vapor de agua que se han generado. A esto suele llamarse “bufido”.

<sup>1618</sup> Vid. Hayward, op. cit. pág. 101 y Mario dal Fabro, *Cómo construir el mueble moderno*, Editorial Ceac, S. A., Barcelona, 1971, pág. 46.

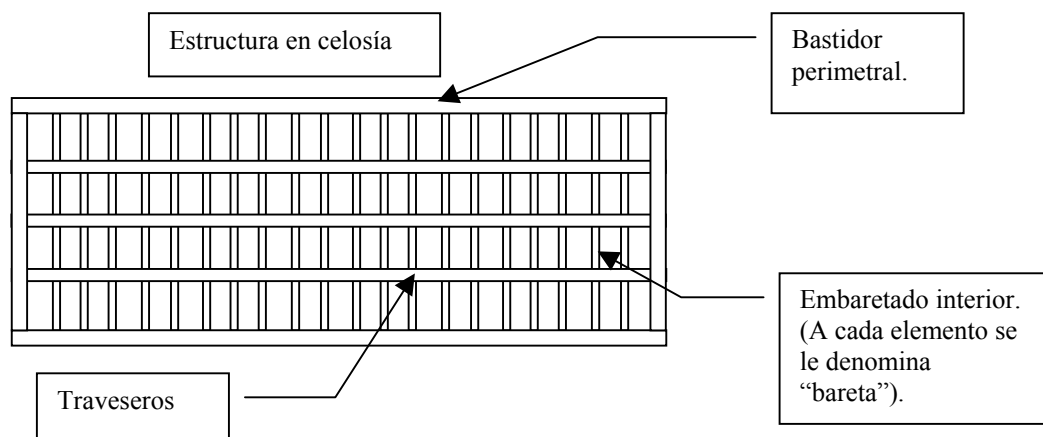
paramentos entre sí, manteniéndolos en todo momento paralelos; contribuyendo así la estabilidad superficial del tablero.

Podemos ver equivalencias en el “armazón global” o “ballom frame” usado en la construcción de edificios durante la conquista del oeste norteamericano y que todos conocemos por las películas que tratan ese tema:

Todo parece indicar que el invento se debió a Augustine D. Taylor, quien utilizó el nuevo sistema en la primera iglesia de Stª Mª en Chicago (1833.)

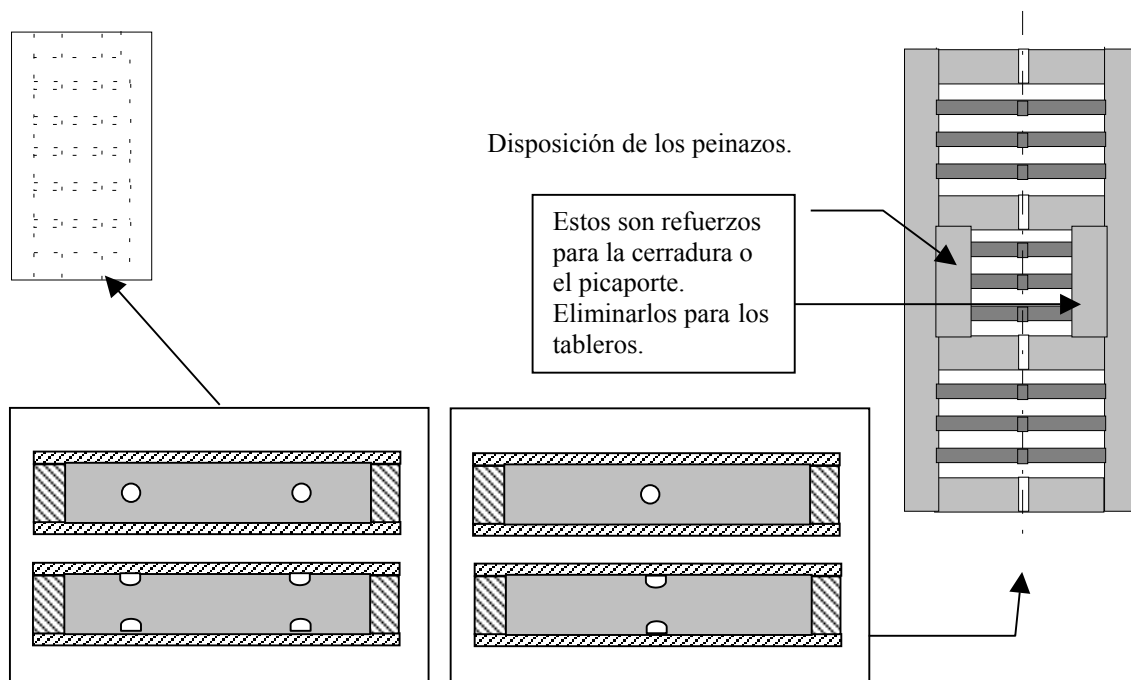
En el invento de Taylor, las recias maderas de los ensamblajes medievales fueron sustituidas por un gran número de tablas ligeras clavadas entre sí para formar una rígida jaula de umbrales, viguetas, postes y contrapares.<sup>1619</sup>

A este entramado interno también se le denomina ***embaretado interior***.

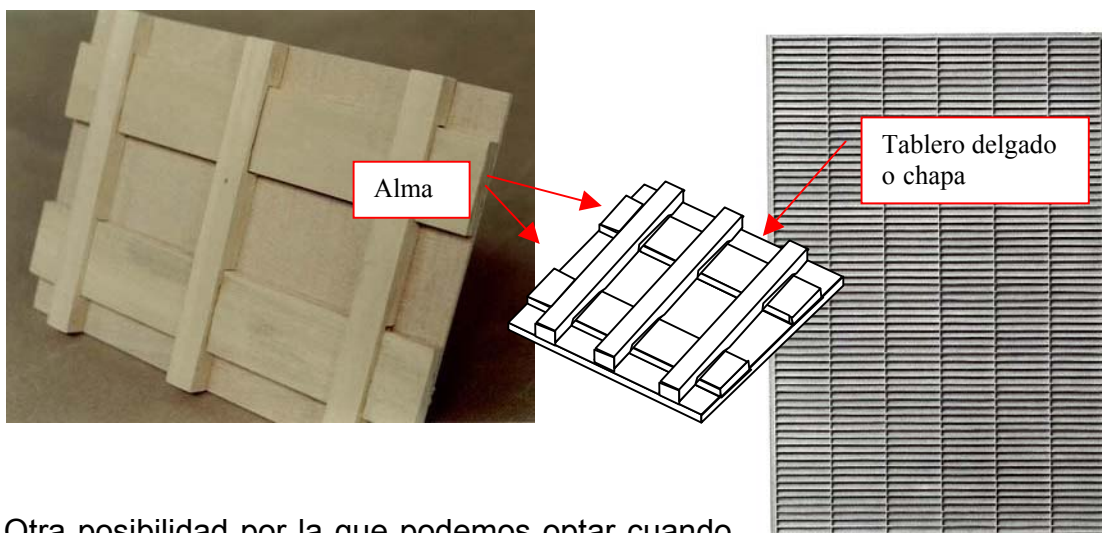


En la disposición anterior podemos ver un reflejo del sistema empleado en la construcción tradicional de los fuselajes en aeronáutica: una serie de sujetones longitudinales que se conocen como largueros y una serie de refuerzos transversales denominados cuadernas. Suelen consistir en secciones huecas, en “doble T”, en “U”, etc., para aligerar peso.

<sup>1619</sup> Melvin Kranzberg y. Carroll W. Oursell Jr (editores), *Historia de la tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, Vol. 2, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1981, pág. 414.



Otro tablero parecido queda contemplado por las normas UNE y que mencionamos al hablar de los tableros de modo general, es el tablero alveolado.

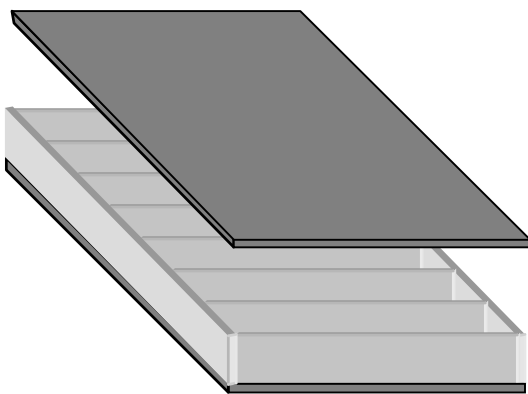


Otra posibilidad por la que podemos optar cuando trabajemos con soportes de pequeño formato es la fabricación de un emparrillado sólo

Jan Schoonhoven.  
R<sub>72-27</sub>. 1972.  
Cartón, papel y pintura al temple sobre madera.

con listoncillos paralelos entre sí o tiras de madera, además de los listones perimetrales, y ubicados de canto o perpendiculares al tablero o tableros que hacen de paramentos.

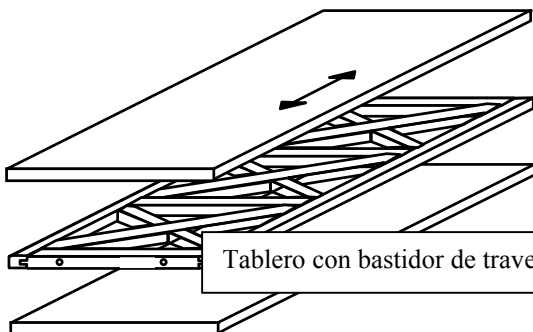
Una utilización plástica de estos sistemas en los que se evidencia a propósito ese alma, la vemos en esta obra de Jan Schoonhoven. En este caso se trata de un alma de cartón, pero si fuera de listoncillos o chapa de madera, podría tener también la función de refuerzo.



Tablero de alma de tiras de contrachapado.

- **Tablero con bastidor de travesaños cruzados.**

Construcción inicial idéntica al bastidor de peinazos paralelos pero se le han incorporando unos travesaños en forma de “cruz de San Andrés”, es decir, unos arriostramientos, para evitar la deformación del bastidor.

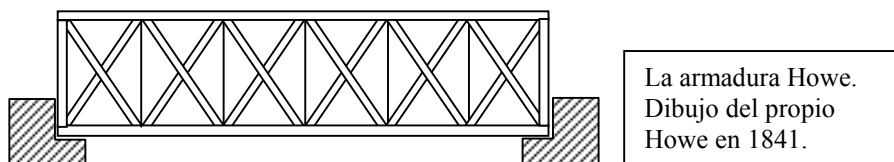


Tablero con bastidor de travesaños cruzados.



Este entramado puede tener su inspiración en un entramado muy famoso, usado en la construcción, y patentado en 1841 por William Howe,

que superó con creces a todos los demás. Este sistema se implantó universalmente en la fabricación de puentes para el ferrocarril hasta 1948.<sup>1620</sup>



Es evidente que la utilidad no es la misma. El tipo de esfuerzos a que van a ser sometidos unos y otros son diferentes, pero ambos evitan la deformación estructural.

- **Tablero con corazón de entramado de listones.**<sup>1621</sup> **Tablero de alma de listones.**

Estos tableros están formados por dos paramentos exteriores de contrachapado y por un alma formada por un entramado de listones (un gran nº de piezas) colocados en sentido longitudinal de tal manera que forman algo similar a una rejilla, siendo encolado el conjunto con resinas sintéticas.

Hay varios tipos, de tableros que podemos agrupar con estas características:

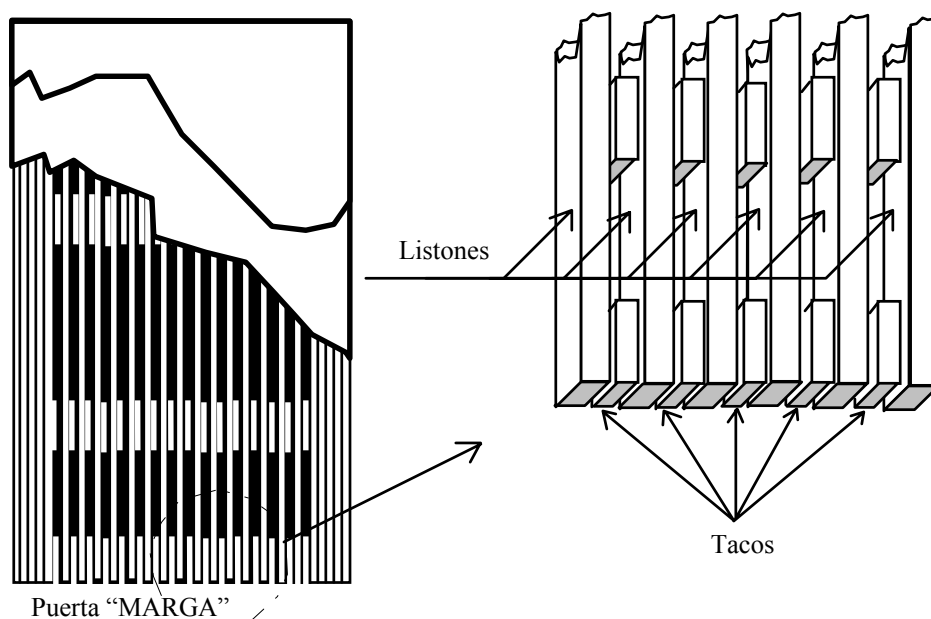
- a) El 1<sup>er</sup> grupo está formado por los tableros que están compuestos por un «entramado de listones, con series verticales de éstos, acodalados con tacos cortos formando una especie de rejilla que se encara con contrachapado, encolado con resinas sintéticas»<sup>1622</sup>. El hecho de encolar todo el conjunto a la vez da al tablero una gran solidez, homogeneidad en el encolado, y mayor estabilidad estructural.

<sup>1620</sup> Melvin Kranzberg y, Carroll W. Oursell Jr (editores), *Historia de la tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, Vol. 2, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1981, pág. 417-418.

<sup>1621</sup> Denominación usada por Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 336.

<sup>1622</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 336.

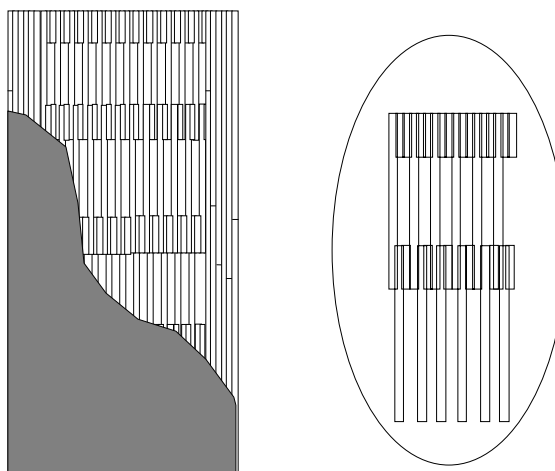
Este tipo de tablero tuvo su reflejo en la construcción de una serie de puertas muy comunes desde los años 50 y que pertenecían a las patentes españolas: “Marga”, “Lantero”, “Rillex”, etc.<sup>1623</sup>



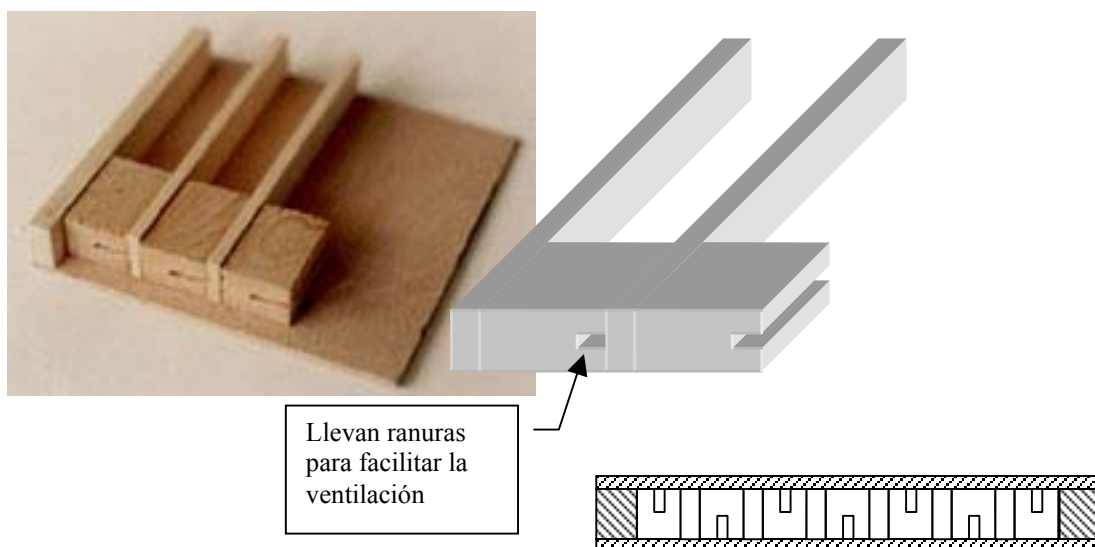
Puede darse un caso similar a los tableros de alma enlistonada pero con una ranura en cada listón.

Están realizados con listones estrechos ranurados que sirven a dos propósitos: evitar alabeos y permitir la salida de gases durante la presión de encolado.

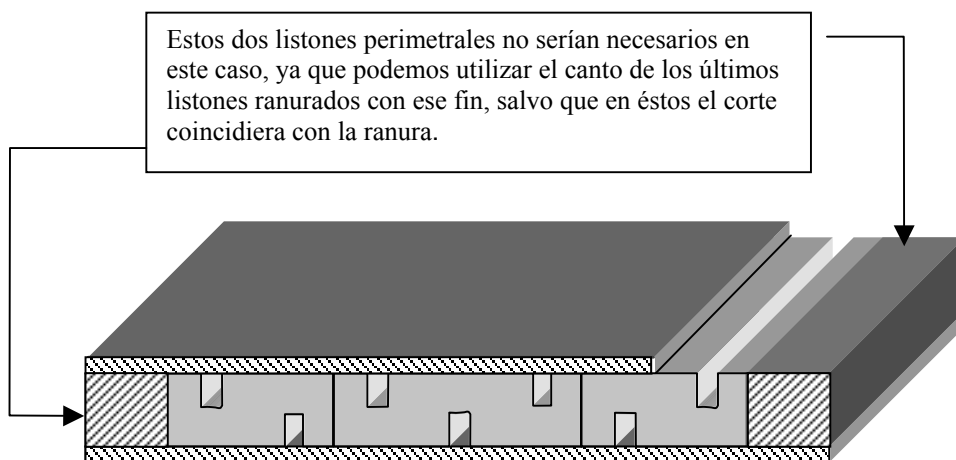
La ranura puede practicarse verticalmente como en los tableros de alma enlistonada.



<sup>1623</sup> Ídem., pág. 336 y Griñan, op. cit., pág. 241.



Existe otra posibilidad: con listones anchos ranurados ( 2 o 3 ranuras por listón en función de su anchura) que sirven para los mismos propósitos que el anterior.



- b) El 2º grupo, similar al primero, está formado por tableros con alma de listones de mayor longitud. Este tablero tuvo su reflejo en la puerta llamada “NORMA”.<sup>1624</sup>
- c) El 3º grupo lo forman tableros con el alma formada por listones paralelos entre sí (tanto los longitudinales como los transversales). El bastidor está formado por listones de mayor anchura y con unos

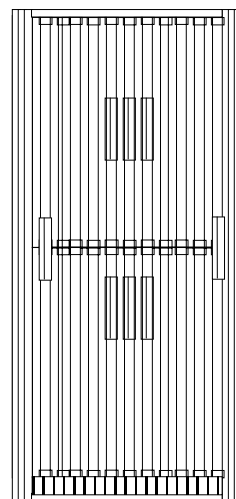
<sup>1624</sup> Vid. Griñán, op. cit., pág. 241.



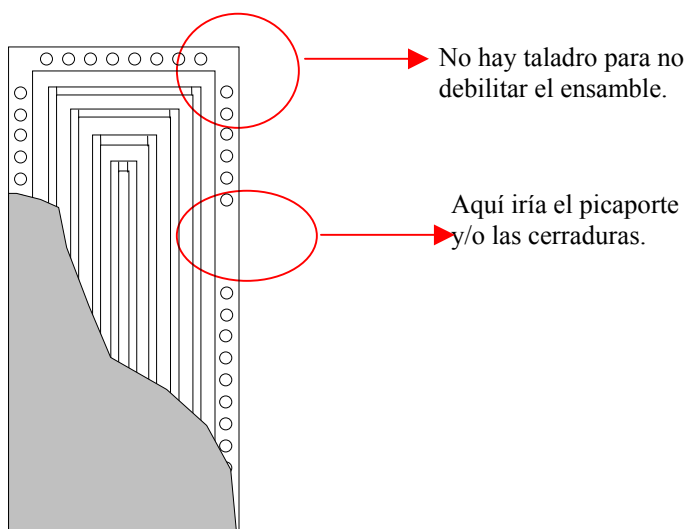
taladros, situados regularmente, que aligeran el peso del conjunto. Es una solución interesante y además los taladros quedan ocultos, pensemos que los paramentos ocultan el alma.<sup>1625</sup>

De estos tableros derivó la puerta denominada “STABIL”.

- d) Todos estos tableos, y otros que veremos más adelante solucionaban, en parte, el problema de conseguir superficies planas que se vieran sujetas a deformaciones por abarquillamiento o albeo. Pero sólo lo conseguían en parte, ya que la mayoría presentaban los mismos inconvenientes.



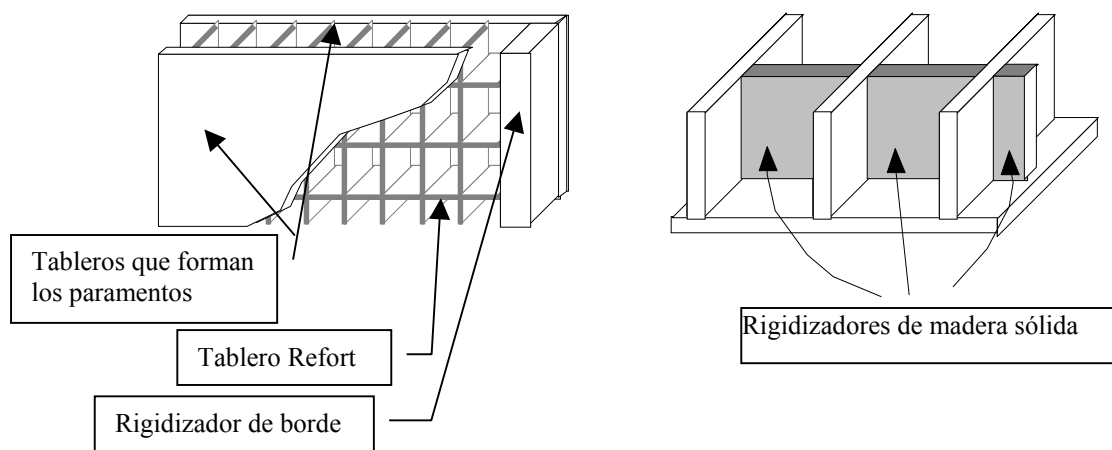
(...) Ante la imposibilidad material de hacerlos [los tableros] macizos, se venía utilizando el rudimentario procedimiento de entrecruzar tablas de madera hasta conseguir el grueso deseado, con la enorme desventaja de que el desencolaje de cualquiera de ellos daba origen a los mismos inconvenientes que el hacerlo todo de una pieza presentaban.<sup>1626</sup>



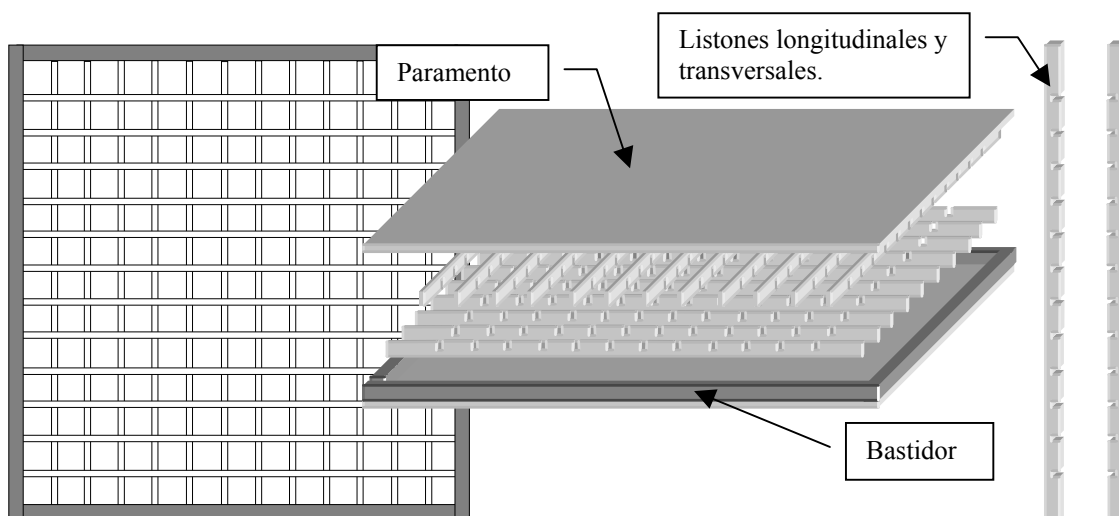
El uso de rigidizadores de madera sólida podía ser una solución, pero resultaba un poco complicado mantenerlos perfectamente verticales.

<sup>1625</sup> Ídem., pág. 241.

<sup>1626</sup> Montes, año VI, nº31, Enero-Febrero, 1950, Montes, Madrid, pág. 108.

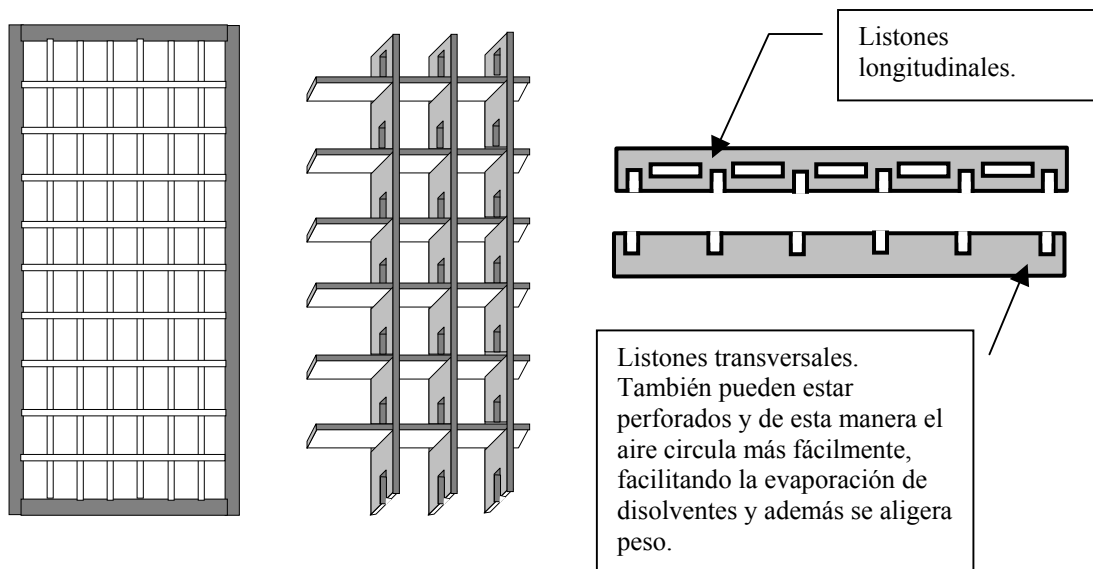
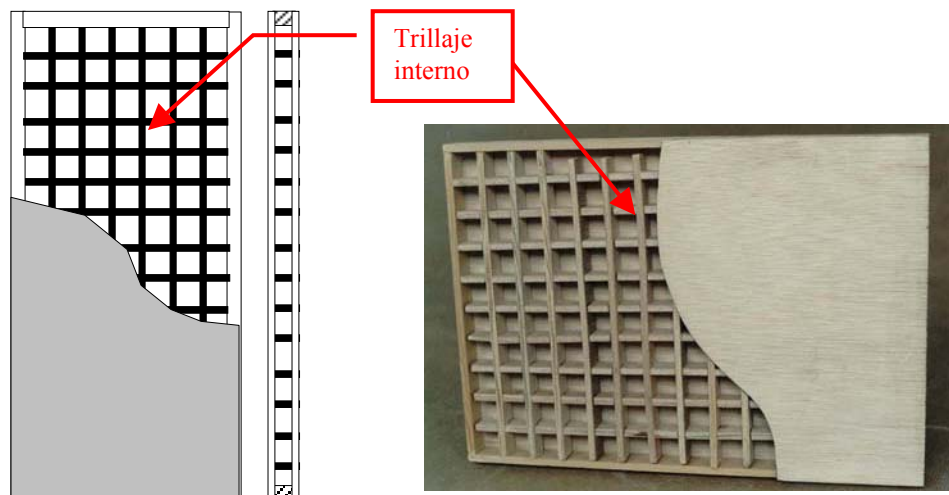


Pero será en 1950 cuando se sustituyan, en parte, algunas de esas soluciones por el tablero de tiras dentadas “Refort”, recién patentado y que gracias a la uniformidad de su superficie impartirá homogeneidad al tablero.



Posteriormente surgirá una variante francés: los tableos COUCHEROUX MULTIPLEZ<sup>1627</sup>, que como el tablero “Refort” llevará sus tiras o listones sin encolar pero con perfiles distintos.

<sup>1627</sup> Griñan, op. cit., pág. 241.



En estos sistemas constructivos cuanto más separados entre sí estén los tableros más grande es la capacidad resistente del panel.<sup>1628</sup> Esto es lógico pues aumenta la escuadría de los listones utilizados en el alma. En la construcción se utiliza este sistema para realizar pisos, cubiertas y paredes.

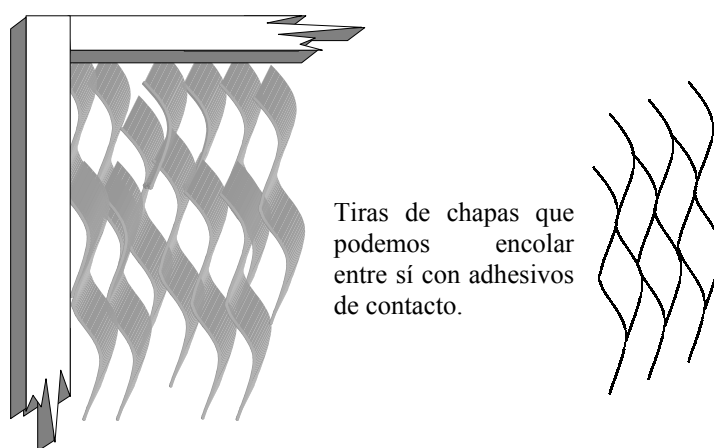
- e) Otra posibilidad es la de formar el alma con listones finos, pero curvados, dando un aspecto alveolar. También reciben el nombre de tablero de alma de chapas onduladas.

<sup>1628</sup> Andrés Merino (director), *Biblioteca Atrium de la carpintería. Nuevas aplicaciones, Vol. 5*, Ediciones Océano, S. A., Barcelona, 1993, pág. 103.

El alma se obtiene a partir de tiras obtenidas de chapas de desenrollo que tienen un grosor igual al del tablero. Posteriormente se le da una curvatura haciendo pasar la chapa por rodillos calientes.

Procedimiento empleado en la construcción de las puertas francesas “COUCHEROUX ALVEOPLÁN.”<sup>1629</sup>

Existía una patente inglesa, de un tablero en los años 40, denominado “Bakerply”. Era un tablero de tipo celular, compuesto por dos caras de tablero de tres hojas delgadas, y un alma compuesta de costillas curvadas, encoladas con resinas de fenol y de urea-formaldehído. Fue usado en aeronáutica por su ligereza y gran resistencia.<sup>1630</sup>



- **Alma formada por espirales de madera. Entramado de espirales. Alma de virutas.**

Su proceso de fabricación es muy sencillo, obteniéndose tableros baratos que se utilizaban en la fabricación de puertas.

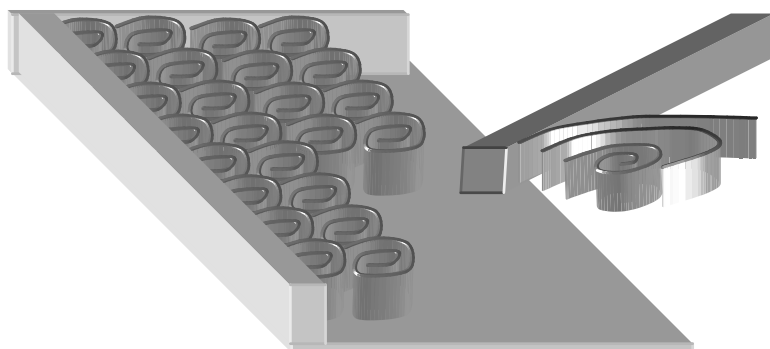
Se parte de tacos de madera de los que, por medio de cepillado, se obtienen virutas que se enrollan sobre sí mismas. Dichas virutas tienen el

---

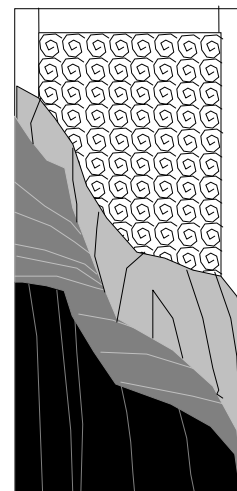
<sup>1629</sup> Griñán, op. cit., pág. 241.

<sup>1630</sup> Véase parte de ese uso aeronáutico que se le dio en: “Transformación de un avión de transporte”, *Montes*, año II, n° 8, Marzo-Abril, 1946, Montes, Madrid, págs. 162-165.

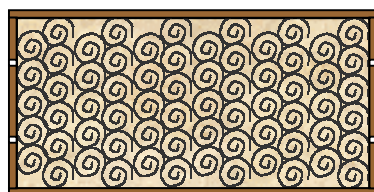
mismo grosor del alma que va a configurar y se encuentran cercadas por el bastidor y los paramentos o caras.<sup>1631</sup>



Obtención de las virutas a partir del cepillado de un listoncillo.



Tablero con tres chapas de recubrimiento destinado a la fabricación de puertas.



Su alma se forma con espirales de madera, que vienen a ser como las virutas delgadas obtenidas por cepillado. Este alma queda rodeado por un bastidor que define los límites del tablero, puerta, etc., junto con las caras formadas normalmente por contrachapados: «el tablero es sumamente ligero, indeformable, resistente y aislante, térmico y fónicamente»<sup>1632</sup>



Publicidad de Vilarrasa, S.A., aparecida en la revista *Montes*, año XXII, nº 129, mayo-junio, 1966. La fotografía corresponde a la vista del stand ocupado por esta firma en la Exposición Mundial Forestal, del Mueble y de la Pesca Fluvial y Caza. En dicha publicidad también aparecen los tableros aglomerados Novopan (3 capas) y Novopanel (5 capas).

<sup>1631</sup> Para más información vid. Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 133 y Griñán, op. cit., pág. 241.

<sup>1632</sup> Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 338.

Los tableros más conocidos son las patentes “tableros LASA” y “Puertas Werno” (también se les denominó “Puertas pluma Werno”).



Tablero con alma de anillos de chapa de cantar.

Otra posibilidad, evidentemente más cara, es aprovechar restos de chapa de cantar para hacer, más que espirales, anillos o pequeños cilindros. En ellos, como en las espirales, el grosor del tablero lo determina la altura del anillo.<sup>1633</sup>

- **Alma alveolar**<sup>1634</sup> **formada por tiras de papel o cartón.**

Este tipo de trillaje repite el modelo ofrecido por la madera natural ya que su diseño es evidente que ha sido obtenido a partir de la observación microscópica de la madera. La forma y distribución de las células así lo pueden atestiguar: son de formas más o menos geométricas (cilíndrica, prismática, etc.) con secciones, en fin, circulares, cuadradas, rectangulares, hexagonales, etc. Es decir, la estructura de la madera, simplificada, se repite en el trillaje.

En algunos tableros el trillaje (cartón = celulosa) viene impregnado con resina fenólica, lo que le confiere una especial dureza. Esta resina viene a actuar como lo hace la lignina en las células de la madera: como agente cementante o adhesivo.

Algo parecido ocurre con los tableros de alma enlistonada (en los de tablillas, principalmente): las fibras de las tablillas se disponen como los haces tubulares de la madera natural. Si este tipo de tablero se fabricara con contrachapado en lugar de tablillas, unas fibras llevarían dirección perpendicular a las chapas de cara y otras la llevarían paralela.

○ **Tiras de cartón onduladas**<sup>1635</sup>.

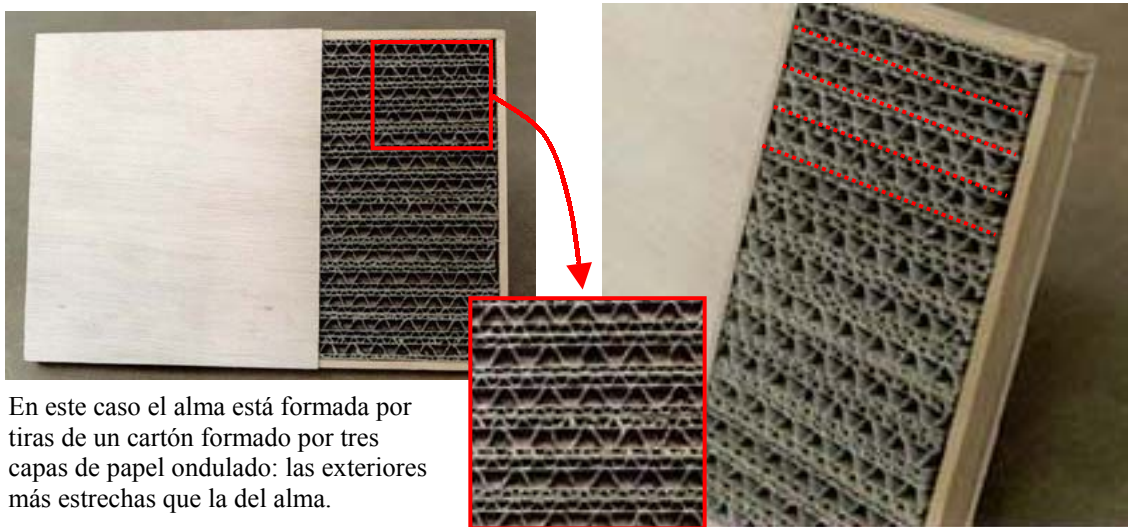
<sup>1633</sup> Otra posibilidad es hacer estos anillos con restos de tiras de cartón o papel.

<sup>1634</sup> La FAO les denomina contrachapados celulares por que su alma tiene estructura celular. Podemos denominarlos tableros celulares.

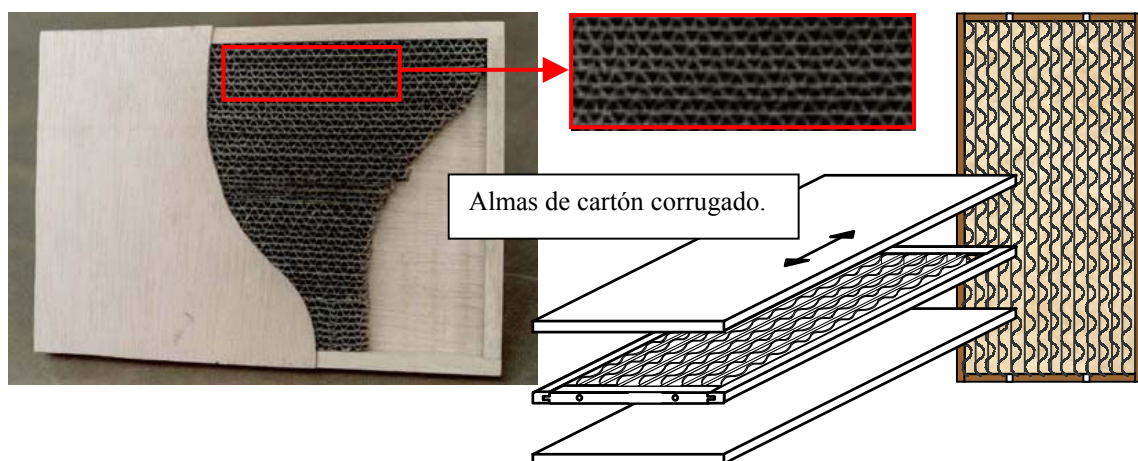
Dichos elementos conforman lo que se denomina paneles celulares. En los tableros más económicos las “celdillas” están formadas por tiras onduladas de papel Kraft.

Se parte de dos bobinas de papel, una de papel liso y otra de papel ondulado que se encolan entre sí (cartón corrugado).<sup>1636</sup>

También se le ha denominado “Papel tipo Marga”.



Otro caso más sencillo y, por tanto, más utilizado:

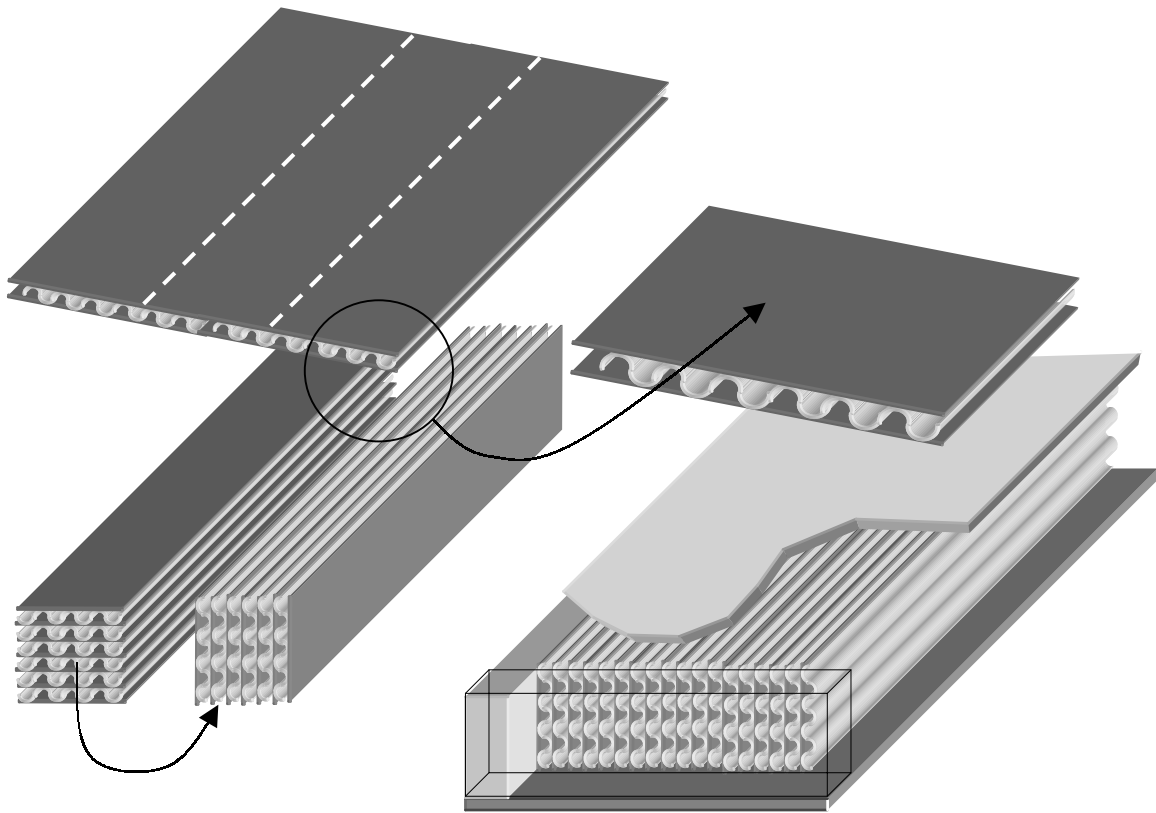


Había otra posibilidad que consistía en colocar ese cartón corrugado, pero de canto:

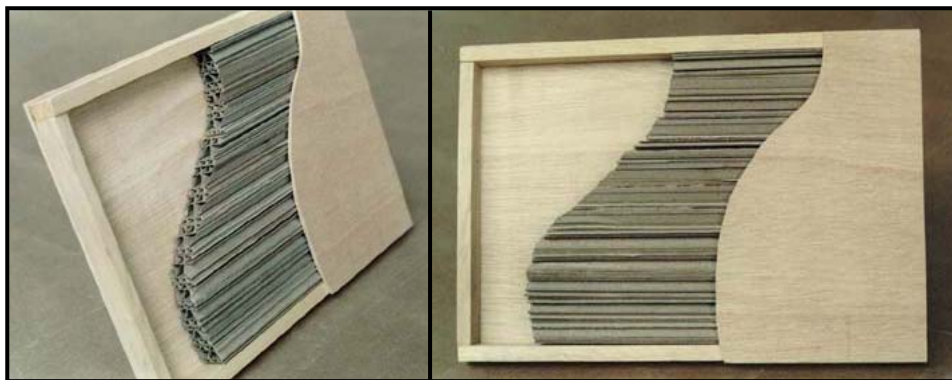
<sup>1635</sup> Mario dal Fabro, op, cit., pág. 46.

<sup>1636</sup> Ídem., pág. 46.

En este caso se trata de tiras obtenidas de un cartón simple: una sola capa de papel ondulado.



El aspecto final del tablero era el siguiente:

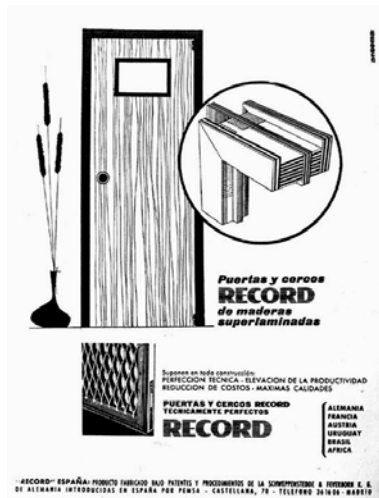


Este trillaje salía ya preparado de fábrica para ser encolado a los paramentos.

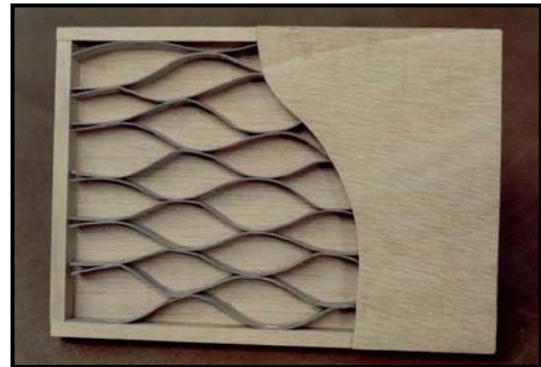


- **Alma de cartón o papel alveolar. Alma alveolar.**

Sistema muy utilizado por su sencillez de fabricación.<sup>1637</sup>



Publicidad de las Puertas “Record” aparecida en la revista *Montes*, año XVI, nº 93, mayo-junio, 1960.



Alma de papel tipo Marga

La puerta “RECORD” tiene una base parecida. La marca “Record” España era un producto (fabricado ya en los años 50) protegido por patentes y procedimientos de la Schweppenstedde & Feverborn K.G. de Alemania, que fue introducida en España por la empresa “Pemsa”.

En este tipo de tableros se observa su baja densidad, lo que evidencia su ligereza, de manera que el volumen de madera necesario se reduce considerablemente ahorrándose de un 60 a un 65% del volumen de madera necesario.<sup>1638</sup> La cola utilizada es de urea-formaldehído cuando el panel es usado para interiores.

- **Tiras de cartón formando celdillas hexagonales. Panales de miel.**<sup>1639</sup> **Honeycomb core.**

En los años 40 recibieron la denominación de paneles “sandwich” y fueron empleados en la construcción de aviones de alta velocidad. En 1948 el Forest Products Laboratory de Madison, estudió su empleo en la construcción de casas económicas, pero resistentes. Su idea original basaba la construcción en lo siguiente: «(...)Está compuesto de una parte céntrica,

<sup>1637</sup> Puede verse una descripción completa de este sistema en Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág.133-134.

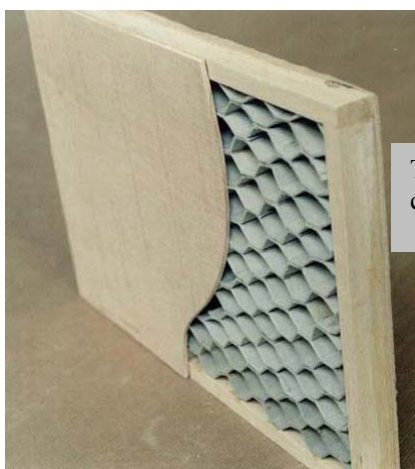
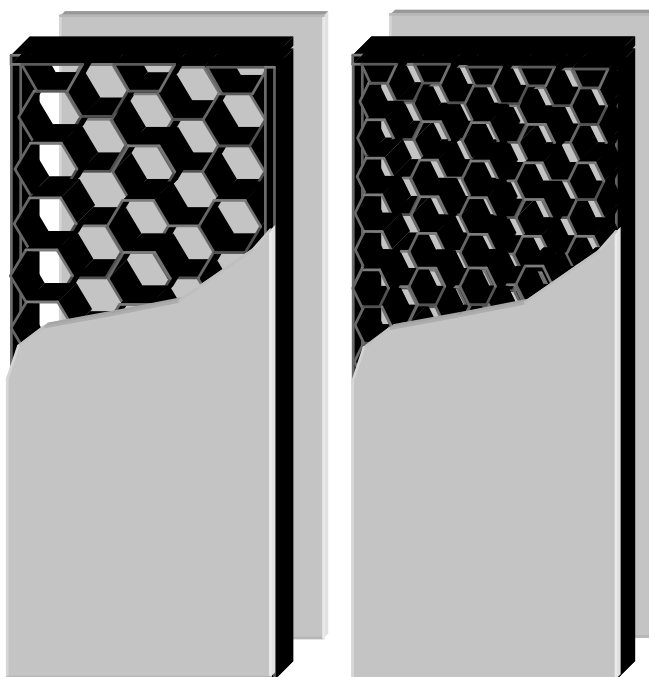
<sup>1638</sup> Griñán, op. cit., pág. 236.

<sup>1639</sup> Llamadas “panales de miel” en los años 40.

gruesa, ligera, y va revestida con hojas de un material delgado y fuerte. El conjunto ofrece una gran rigidez y resistencia».<sup>1640</sup>

La rigidez se logra por medio de la unión de los distintos sustratos, celdillas y hojas de revestimiento, por medio de adhesivos, que son los que impiden la separación de los sustratos.

La forma de fabricación y los productos terminados se fueron perfeccionando, pero la base sigue siendo la misma: alma de papel Kraft impregnado y tableros que forman las caras.



Tablero con alma de celdillas hexagonales.



La patente sueca TVER VELLIT<sup>1641</sup> tiene el alma del tablero formada por papel baquelizado, es decir, estaba formado por celdillas en forma de panal de abejas pero impregnado de resina fenólica<sup>1642</sup> para darle mayor

<sup>1640</sup> “Casas de papel” (American Forestry), *Montes*, año IV, n° 23, Sept-Oct, 1948, Montes, Madrid, pág. 461.

<sup>1641</sup> Griñán, op. cit., pág. 241.

<sup>1642</sup> En el año 2000 una empresa finlandesa, Laminating Papers Ltd., filial de Stora Enso fue galardonada con un premio a la calidad de sus papeles. Se trataba de papeles kraft absorbentes y papeles impregnados en resinas fenólicas. Se trata de una empresa «líder en Europa con su papel Absorbex® y sus films Imprex® tienen una importante cuota de mercado en el mercado mundial de

rigidez. Algo parecida es la patente holandesa para la puerta *Bruynzeele*<sup>1643</sup>, con celdillas hexagonales.

Algunas puertas planas, tenían trillajes con las siguientes características:

Empresa	Trillaje			Año
	Material	Grosor	Luz de la celdilla	
Puertas <i>Norma</i>	Alma alveolar de cartón	0,3 mm	28 mm	
	Alma alveolar de cartón	0,4 mm	28 mm	
Puertas Jher	papel	0,4 mm	26 mm.	1971
	papel	0,3 mm	32 mm	1971
	cartón	1,5 mm	45 mm	1971
	cartón	3 mm	55 mm	1971
RUGASA	cartón	3 mm	55 mm	1977
	cartón	1,5 mm	50 mm	1977
	papel	0,3 mm	29 mm	1993
Puertas Jeyma	Alma alveolar de papel	0,3 mm	28 mm	1998
Marcos Martínez Minguela, S.A.	cartón	3 mm	60 mm	1985
	cartón	1,15 mm	45 mm	1987
	cartón	3 mm	55 mm	1984
	papel	0,3 mm	28 mm	1999
Sierras de Neila, S. A.	Papel	0,3 mm	27 mm	1976
Industrias Carsal, S. A.	Papel	0,3 mm	23 mm	1986
M. Portes, S. A	papel	0,3 mm	25 mm	1985
	papel	0,3 mm	27 mm	1984
Guillén Industrias de la Madera, S. A.	papel	0,3 mm	40 mm	1980
	papel	0,3 mm	27 mm	1987
	papel	0,3 mm	30 mm	1984
	papel	0,3 mm	28 mm	1989
Industrias de carpintería de Artesanía José Cedrés	papel	0,3 mm	28 mm	1993
Puertas Dayfor, S. L.	papel	0,3 mm	24 mm	1983
	papel	0,3 mm	27 mm	1984
	papel	0,3 mm	28 mm	1995

films superficiales para revestimientos de paneles de madera» (*Tempus*, nº 1, 2001, editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, pág.7).

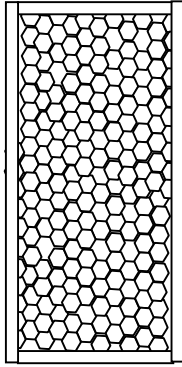
<sup>1643</sup> Griñán, op. cit., pág. 241.

Empresa	Trillaje			Año
	Material	Grosor	Luz de la celdilla	
Carpema	papel	0,3 mm	33 mm	1984
Basteco	papel	0,3 mm	25 mm	1985
	papel	0,3 mm	28 mm	1993
Hermanos García Santiago, S. A.	papel	0,3 mm	50 mm	1986
	papel	0,3 mm	28 mm	1994
Puertas Bamar, S. L.	papel	0,3 mm	28 mm	1987
	Alma alveolar de cartón	2,4 mm	40 mm	2000
Puertas Artevi, S. A.	Cartón alveolar			1995
Jacinto y José Alcalde, S.A.	Cartón	2,2 mm	63 mm	1987
Molduras Dicarmo, S. L.	0,3 mm	0,3 mm	28 mm	1992
Carpintería Medall 2, S. A.	Cartoncillo	1,0 mm	45 mm	1988
Molduras Amasu, S. L.	Papel	0,3 mm	30 mm	1990
	Papel	0,3 mm	28 mm	1993
Puertas Sansó	Papel	0,3 mm	30 mm	1990
Alfonso y Gaspar Cabrero, S. A.	Papel	0,3 mm	28 mm	1993
Barmovi, S.A.L.	Alma alveolar de papel	0,38 mm	28 mm	1998
Artema Puertas, S.A.L.	Cartón alveolar tipo nido de abeja.			2001

De la mencionada Exposición londinense salió una patente de este producto llamada “DUFAYLITE” y se empleó, como los anteriores, para la fabricación de puertas, pero también en aviones y muebles.

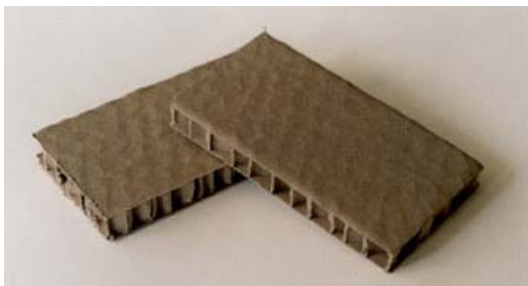
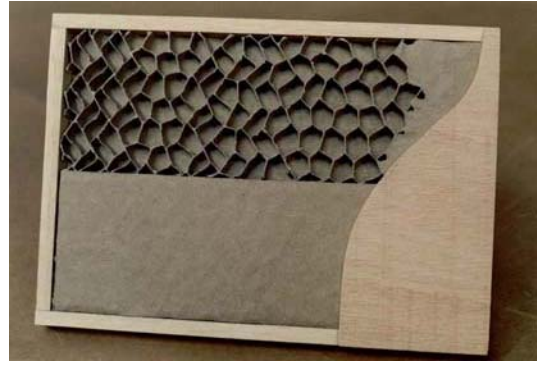
La ventaja de este tablero es lo económico, ligero, resistente, etc., que es. En él abundan los huecos, es decir, la densidad de su alma es muy baja porque el material que la compone es casi todo aire. Es un perfecto material aislante.

Aunque a nosotros nos interese dotarle de un bastidor perimetral para poder clavar telas, como refuerzo, a niveles de enmarcado o estéticos, este tablero no lo necesita, pues los tableros y el alma forman de por sí una unidad lo suficientemente rígida.

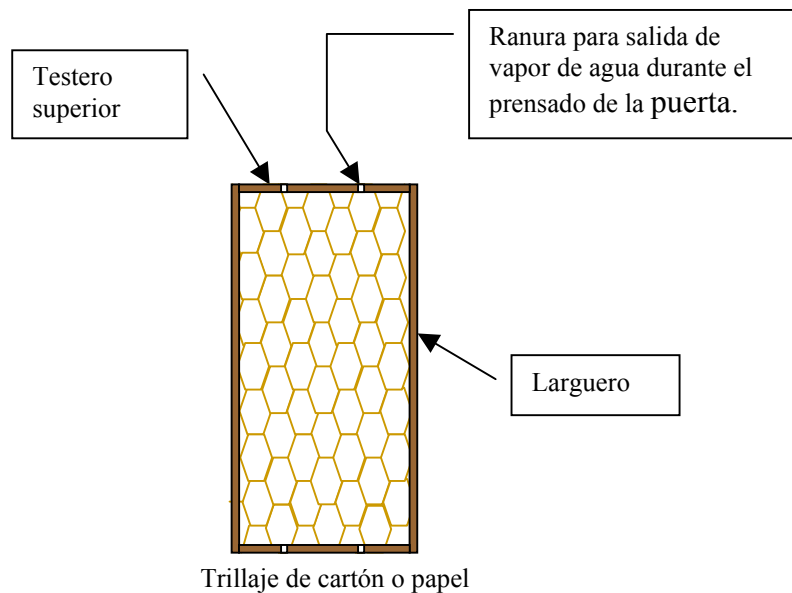


Honeycomb core.

En estos tableros el volumen de madera necesario es todavía mucho menor que algunos de los tableros que hemos visto o veremos, dado que se reduce al bastidor y paramentos.

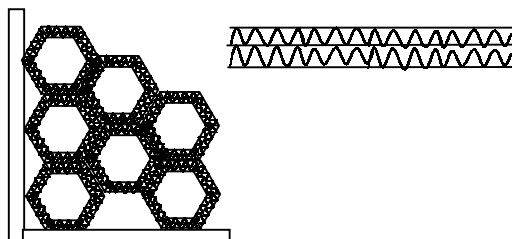


Estos núcleos de la foto concretamente, son usados, con infinidad de grosores, para la protección y embalaje de objetos industriales. Los materiales con los que están fabricados no son los más idóneos para obras de arte, pero para trabajos que no requieran materiales de primera calidad es un recurso al alcance de la mano. Otros trillajes utilizados para el traslado de pinturas murales, por ejemplo, resultan excesivamente caros como para utilizarlos habitualmente.



Parecidos a estos trillajes de cartón son los utilizados, como unidad de cultivo, en repoblación forestal. Los usan como recipiente para preparar los plantones que han de ser plantados y sus cepellones sean compactos. Entre ellos están; *Ecopot* y el *Sistema Paperpot*.

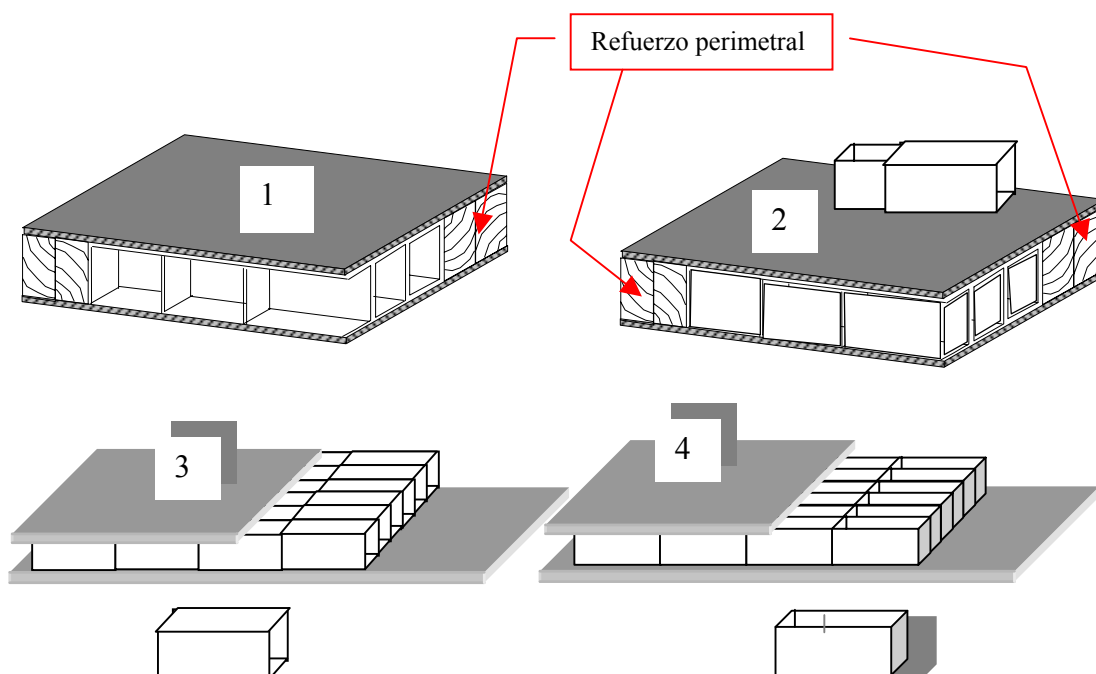
También se utilizó el cartón rizado para crear las celdillas.



○ **Alma compuesta por cajas de fósforos.**<sup>1644</sup>

Su principal exponente fue la puerta STAR de Suecia.

Varias posibilidades podemos contemplar:



- **Alma formada por paja de cereales.**

En este tipo de tableros la paja se usó como relleno o alma en un tablero destinado a la construcción de puertas baratas y de gran ligereza.

El sistema de fabricación es el siguiente:

Un repartidor de haces de paja, llena una pieza prismática de dimensiones variables. Una vez llena, una sierra iguala la longitud de las pajas. Esta pieza tiene un fondo escamoteable sobre el que se coloca el bastidor con un tablero ya encolado.

<sup>1644</sup> Griñán, op. cit., pág. 241.

El fondo escamoteable se retira a la vez que una sierra de cinta cercena los tallos a ras del bastidor. Se le coloca encima el otro tablero encolado.<sup>1645</sup>

Estos tableros estaban representados en forma de puerta por la firma finlandesa “INSO”.<sup>1646</sup>



La primera experiencia con la paja como material usado en la construcción de tableros se llevó a cabo a finales de los años 40, presentándose en la exposición llevada a cabo en Londres por el Consejo de Diseño Industrial, en Octubre de 1948.<sup>1647</sup>

#### - Almas formadas por tableros aglomerados.<sup>1648</sup>

El tablero más sencillo sería el aglomerado rechapado en sus caras. Como ya hablamos de este tablero en su capítulo correspondiente, lo omitiremos aquí.

<sup>1645</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág.133.

<sup>1646</sup> Griñan, op. cit., pág. 241.

<sup>1647</sup> L.G., “Nuevos progresos británicos en maderas sintéticas”, *Montes*, año V, n°, Marzo-Abril, 1949, Montes, Madrid, pág. 158.

<sup>1648</sup> Se les denomina “Tableros combinados”. Tienen el alma formada por tableros de partículas, fibras, etc. Puede consultarse en la partida 64 que puede consultarse en la *Clasificación y definiciones de los productos forestales*, FAO, Roma, 1982, pág. 128. Pero las caras de estos tableros están formadas por al menos dos chapas a cada lado. Los que sólo tienen una chapa por cada lado se denominan “Tableros de partículas de chapa” (se refiere a los que tienen el alma de tablero de partículas exclusivamente).

El tablero aglomerado de partículas ha servido realmente para fabricar todos los elementos de los paneles: En este caso el alma; también los paramentos pueden ser de aglomerado, e incluso el bastidor, como ocurrió con las puertas VISEL (1997) en las que el bastidor estaba formado por una sola pieza de tablero de partículas.

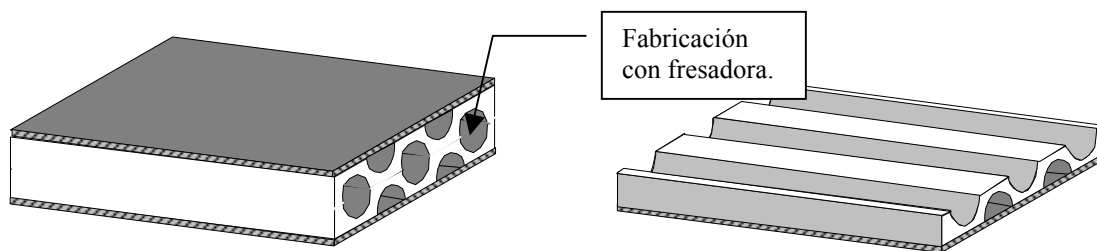
- **Alma formada por tableros aglomerados de partículas macizo. Tablero de madera aglomerada para alma de piezas. (Particle board core stock).**

Nos referimos al clásico tablero estándar que va forrado por tableros contrachapados, chapas o tableros de fibras duros.

No insistimos en esto porque hay un capítulo dedicado a este tablero.

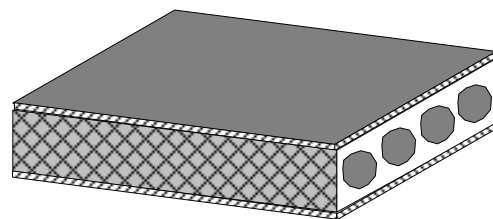
- **Alma de tableros aglomerados de partículas ondulados.**<sup>1649</sup>

Fueron tableros diseñados en Suecia y correspondieron a la fabricación de las puertas “Ji-Te”.



- **Alma de tableros aglomerados de partículas extrusionados.**<sup>1650</sup>  
**Tableros taladrados en su longitud.**

Alma formada por partículas aglomeradas y sometidas a extrusión en un molde con cilindros que dotan al tablero de unas acanaladuras cilíndricas.



En ellas se basaron las puertas alemanas “KREIBAUM”.

---

<sup>1649</sup> Griñán, op. cit., pág. 241.

<sup>1650</sup> Griñán, op. cit., pág. 241.



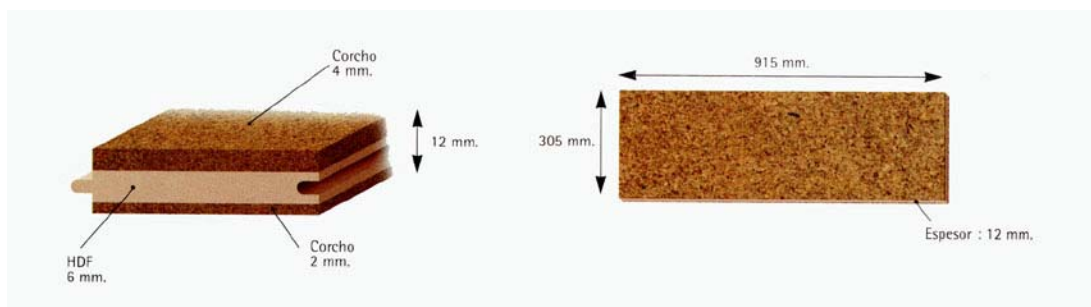
#### 7.3.5.1.7 Alma formada por tableros de fibras.

Igual que en el caso anterior nos referimos al clásico tablero estándar que va forrado por chapas, tableros contrachapados, chapas metálicas<sup>1651</sup>, etc.

No insistimos en esto porque también hay un capítulo dedicado a este tablero.

Un material comercializado con otros fines son las losetas machihembradas Arcobel de Corchos Mérida, S.A. Podemos adaptarlas como soportes para obras de papel o cartón, ya que este soporte lleva incluida una capa de intervención y una capa de contrabalance. Otra ventaja es que estas losetas están machihembradas, de esta manera facilitan la creación de soportes con mayores formatos.

Dependiendo de esos formatos requerirán o no de bastidores de refuerzo.



Loseta machihembrada Arcobel.  
Cortesía de Corchos de Mérida, S.A.

#### - Alma formada por tableros contrachapados.

- Se utiliza este tipo de tablero en la fabricación del tablero blindado.
- Hay también otras posibilidades:
  - Tableros contrachapados forrados por ambas caras con fibrocemento.
  - Tableros contrachapados forrados por ambas caras con planchas duras (Hardboard-faced plywood).

<sup>1651</sup> Aunque suele clasificarse como tablero blindado.

- Otra posibilidad interesante es recubrir el reverso del tablero contrachapado (a modo de contrabalance) con un lámina de corcho del mismo grosor que la encolada por el anverso, cuando el corcho se utiliza como capa de intervención.<sup>1652</sup>

Esta posibilidad es de suma importancia porque, aunque el corcho en lámina resulte caro, al ir encolado al tablero proporciona una protección doble contra la humedad, ya que el



Vista del tablero contrachapado forrado por láminas de corcho.



corcho, por su estructura interna, no retiene la humedad y, la otra protección la proporciona el adhesivo. Esto puede hacerse extensible a la protección de los bastidores y listones que conforman los distintos refuerzos.

#### - **Alma formada por relleno de bagazo.**

Sistema similar al que utiliza la paja pero utilizando el bagazo que también se usa para fabricar tableros de fibras, etc.

#### - **Alma formada por relleno de polvo, granulado de corcho, planchas de corcho, tiras de canto etc.**

En los dos primeros casos el bastidor perimetral y los paramentos sirven de encofrado que retiene las partículas de corcho.

El tercer caso puede prestarse a varias posibilidades en función del grosor y formato de las planchas.

---

<sup>1652</sup> Existe ya patente.



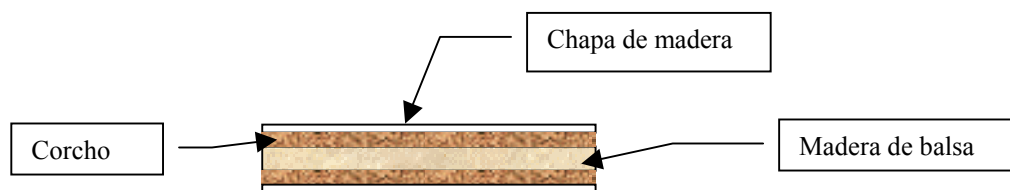
En este caso los paramentos pueden ser de contrachapado fino o de chapa de madera.



El último caso también podría aprovechar tiras sobrantes de las industrias que utilicen láminas de corcho.



- **Alma formada por madera de balsa y corcho.**



#### **7.3.5.1.8 Propiedades de los tableros armados.**

- Ligereza.
- Resistencia.
- Economía de medios.
- Posibilidad de grandes formatos.
- Facilidad de ejecución (en algunos casos).

#### **7.3.5.1.9 Aplicaciones de los tableros armados.**

Su principal aplicación fue la construcción de puertas económicas. Para nosotros es interesante porque conocemos la composición de sus almas y esto nos puede ser útil en la obra.

Empresa <sup>1653</sup>	Bastidor	Paramentos	Trillaje-Alma			Año
			Material	Grosor	Luz de la celdilla	
Puertas Norma <sup>1654</sup>	Madera maciza de pino de 30mm de grosor	Tab. Fib duro de 3mm	Alma alveolar de cartón	0,3 - 0,4 mm	28 mm	
		Tab. Fib. de 3 mm	Tab. Aglomerado rechapado			
Puertas Jher	Madera maciza	Contrachapado de 4 mm	papel	0,4 mm	26 mm.	1971
		Contrachapado de 3 mm	papel	0,3 mm	32 mm	1971
			cartón	1,5 mm	45 mm	1971
		Tab. Fib. de 3 mm	3 cuerpos de tablillas de madera de 8 mm de grueso separadas cada 55 mm y sujetos por 2 tablillas verticales.			1972
	De una sola pieza de MDF de 28 0 33 mm, canteado su perímetro con listón de 30 mm de ancho	Tab. Fib. de 3 mm	De una sola pieza de MDF de 28 0 33 mm, canteado su perímetro con listón de 30 mm de ancho			
	Madera maciza	Contrachapado de 3 mm	De tiras de madera de 8 mm de grueso formando 3 cuerpos compuestos por tiras horizontales colocadas cada 55 mm y ensambladas por 2 longitudinales cercanas a los largueros.			1971
			cartón	3 mm	55 mm	1971
		Tab. Fib. de 3,2 mm	cartón	1,5 mm	45 mm	1971
			papel	0,3 mm	32 mm	1972
	Tab. aglomerado canteado en madera maciza	Tab. De fib. de 3,5 mm de grosor, rechapado	Alma alveolar de cartón			
RUGASA	Madera maciza	Contrachapado de 3 mm	cartón	3 mm	55 mm	1977
		Contrachapado de 3 mm	cartón	1,5 mm	50 mm	1977
		Tab. Fib. de 4 mm	cartón	1,5 mm	50 mm	1977
		MDF de 3,05 mm	papel	0,3 mm	29 mm	1993
Herederos de Manuel Serra, S.L.		Tab. Fib. de 35 mm rechapado y recercado				
Puertas Jeyma	Madera maciza	Contrachapado de 3 mm	Cartón ondulado	3mm	65 mm	1979
		Tab. Fib. rechapado de 3,3 mm	Alma llena de tab. part.			2000
		Tab. Fib. rechapado de 3,3 mm	Alma alveolar de papel	0,3 mm	28 mm	2000
		Tab. Fib. de 4 mm	Alma llena de tab. part.			1999
		Tab. Fib. rechapado de 3,3 mm	Alma alveolar de papel	0,3 mm	28 mm	1998
		Tab. Fib. rechapado de 3 mm	Alma llena de tab. part.			1998
		Tab. Fib. de 3,3 mm	Alma alveolar de papel	0,3 mm	28 mm	2000
Marcos Martínez Minguela, S.A.	Madera maciza	Contrachapado de 3 mm	Cartón ondulado	3mm	60 mm	1979
		Tab. Part. Rechapados de 5 mm	cartón	3 mm	60 mm	1985
		Tab. Part. Rechapados de 5,5 mm	cartón	1,15 mm	45 mm	1987
		Tab. Fib. duros de 2,9 mm	cartón	3 mm	55 mm	1984
		Contrachapado de 3,2 mm	Alma maciza de tab. De part.			1987
		Tab. Fib. de 10 mm	Alma alveolar de papel	0,3 mm	28 mm	1999
Sierras de Neila, S. A.	Madera maciza	Tab. Part. Melamínico de 4,5 mm	Papel	0,3 mm	27 mm	1976

<sup>1653</sup> Todos los datos se han obtenido de J. Enrique Peraza, “35 años de los sellos de calidad Aitim”, Aitim, nº 216, marzo-abril, Aitim, Madrid, 2002, págs. 33-46.

<sup>1654</sup> Creadas en 1955. [www.norma-doors.com](http://www.norma-doors.com)

Empresa <sup>1653</sup>	Bastidor	Paramentos	Trillaje-Alma			Año
			Material	Grosor	Luz de la celdilla	
Industrias Carsal, S. A.	Madera maciza	Tab. Part. de alta densidad de 4 mm	Papel	0,3 mm	23 mm	1986
M. Portes, S. A	Madera maciza	Tab. Part. de 4mm	Tiras de contrachapados separados 30 mm con dos listones transversales de 40 mm que forman 3 zonas de trillaje			1980
		Tab. Part. Rechapados de 3,8 mm	Listones de madera de 40 mm de anchura separados entre sí unos 25 mm, colocados verticalmente.			1984
		Tab. Fib. rechapado de 3,5 mm	papel	0,3 mm	25 mm	1985
		Contrachapado de 2,8 mm y de tab. de part. Melamínico. Total 4 mm.	papel	0,3 mm	27 mm	1984
		Contrachapado de 2,9 mm	papel	0,3 mm	27 mm	1985
		Tab. Fib. rechapado de 3,3 mm	Tiras de tab. Agl. De 15 a 25 mm de grueso, separado entre sí unos 15 mm. La zona central no tiene separación entre las tiras.			1985
Guillén Industrias de la Madera, S. A.	Madera maciza	Tab. Part. de 5 mm	papel	0,3 mm	40 mm	1980
		Tab. Part. de 5,2 mm	papel	0,3 mm	27 mm	1987
	Madera maciza	Tab. MDF de 5 mm	Alveolar de cartón. Refuerzos internos de tiras de tablero MDF del mismo grosor que el bastidor.			
	Tab. Part. De 50 mm de anchura canteado por madera de 10 mm.	Tab. agl. rechapado de 5 mm.	papel	0,3 mm	30 mm	1984
	Madera maciza	Tab. Fib. duro de 3,5 mm.	papel	0,3 mm	28 mm	1989
	Una sola pieza de tab. Agl. canteado en madera de 20 mm.	MDF				
		Listones machihembrados de madera maciza de 109 mm de anchura y 10 mm de grosor o por listones de esas mismas características pero de MDF.	Alma maciza de tab. Agl. en la que se intercalan como refuerzo 2 listones transversales (a tercios de la altura) de madera maciza.			
Industrias de carpintería de Artesanía José Cedrés	Madera maciza	Tab. Agl. de 4,3 mm	Listones de madera de 9 mm de espesor separados 30 mm			1982
		Tab. Agl. rechapados de 4,3 mm	papel	0,3 mm	28 mm	1993
		Tab. Agl. con rechapado melamínico de 4,3 mm	Listones de madera de 9 mm de espesor separados 30 mm			1984
Puertas Dayfor, S. L.	MDF	Tab. fib. de 3mm	Alma llena de tab. agl. de 34 mm			1983
	Madera maciza	Tab. fib. de 3mm, plastificados.	papel	0,3 mm	24 mm	1983
		Tab. Agl. De 4,8 mm.	papel	0,3 mm	27 mm	1984
		Láminas decorativas de 0,6 mm	Alma llena de tab. agl. de 35 mm			1998
		Láminas decorativas de 0,6 mm	Alma llena de tab. agl. de 40 mm			1998
			Alma llena de tab. agl. de 45 mm			1999
		Tab. agl. recubierto en laminado de alta presión.	Alma llena de tab. agl. de 45 mm			1999
	Madera maciza	Láminas decorativas de 0,6 mm.	Alma llena de tab. agl. de 40 mm			1983

Empresa <sup>1653</sup>	Bastidor	Paramentos	Trillaje-Alma			Año
			Material	Grosor	Luz de la celdilla	
		Chapa a la plana de 0,5 y canteado con madera maciza.	Tab. agl. de 34 mm, rechapado.			1983
		Tab. fib de 3,1 mm	papel	0,3 mm	28 mm	1995
	Madera maciza	Láminas decorativas de 0,6 mm.	Alma llena de tab. agl. de 35 mm			1998
		Tab. agl. recubierto en laminado de baja presión.	Alma llena de tab. agl. de 30 mm			1999
		Tab. agl. recubierto en laminado de alta presión.	Alma llena de tab. agl. de 30 mm			1999
	MDF de 30 mm con cerco de madera de 12 mm	Laminado decorativo compacto de 3 mm	Lleno de tab. agl. tubular de 34 mm			2001
Carpema	Madera maciza	Contrachapados de 3 mm	papel	0,3 mm	33 mm	1984
		Tab. fib. duro de 5mm revestido con melamina	Cartón			
		Tab. Fib duro de 5 mm rechapado con melamina.	Tab. agl. recercado con madera			
Basteco	Madera maciza	Contrachapados de 3 mm	papel	0,3 mm	25 mm	1985
		MDF de 3,0 mm	papel	0,3 mm	28 mm	1993
Hermanos García Santiago, S. A.	Madera maciza	Contrachapados de 3 mm	papel	0,3 mm	50 mm	1986
		Tab. fib. rechapado de 3,0 mm	papel	0,3 mm	28 mm	1994
Puertas Bamar, S. L.	Madera maciza	Tab. agl. rechapados de 5,0 mm	papel	0,3 mm	28 mm	1987
		MDF de 2,5 mm	MDF de 30 mm			1998
		MDF rechapados de 3,65 mm	Papel	0,3 mm	28 mm	1991
		Tab. fib. prelacado de 3,3 mm.	Alma alveolar de cartón	2,4 mm	40 mm	2000
Puertas Arteví, S. A.	Tab. agl. recercado en madera maciza y rechapado por las dos caras					1995
	Mixto de tab. agl. recercado con madera maciza.	Tab. agl. de 8 mm.	Listones de tablero de 50 mm de ancho y espesor de 20 – 29 mm			1996
	MDF rebajado con moldurera	MDF de 5 mm	Cartón alveolar			1995
	Mixto de tab. agl. canteado con MDF de 20 mm.	MDF de 10 mm.	listones de tablero de partículas de 50 mm de ancho y espesor variable de 15 a 25 mm			1996
Jacinto y José Alcalde, S.A.	Madera maciza	Contrachapados de 2,8 mm	Cartón	2,2 mm	63 mm	1987
		Tab. Fib. rechapados de 3,0 mm				1992
Molduras Dicarmo, S. L.	Madera maciza	Tab. Fib. duro de 3,0 mm	0,3 mm	0,3 mm	28 mm	1992
Carpintería Medall 2, S. A.	Madera maciza	Contrachapados de 3,3 mm	Cartoncillo	1,0 mm	45 mm	1988
Molduras Amasu, S. L.	Madera maciza	Contrachapados de 2,9 mm	Papel	0,3 mm	30 mm	1990
		MDF rechapados de 3,0 mm.	Papel	0,3 mm	28 mm	1993
Puertas Sansó	Madera maciza	MDF rechapados de 3,3 mm.	Papel	0,3 mm	30 mm	1990
Alfonso y Gaspar Cabrero, S. A.	Madera maciza	Contrachapados de 2,83 mm	Papel	0,3 mm	28 mm	1993
		MDF rechapados de 5,27 mm.				
Barmovi, S.A.L.	Madera maciza	Tab. fib. rechapado de 4,1 mm.	Alma alveolar de papel	0,38 mm	28 mm	1998
		Tab. fib. de 10 mm	Alma alistonada formada por tiras de tab. de fib. de 15 mm de grosor			

Empresa <sup>1653</sup>	Bastidor	Paramentos	Trillaje-Alma			Año
			Material	Grosor	Luz de la celdilla	
	Madera maciza	Tab. agl. rechapado de 8 mm	Alma alistada formada por tiras de tab. agl. de 19 mm de grosor y 72 mm de anchura, espaciadas a 8,4 cm.			
		Tab. fib. de 8 mm	Alma alistada formada por listones de 7,3 cm, espaciados 6,5 cm.			2002
M.C.M. Maderas, S.A.	De una pieza de tab. Fib. de 35 mm recubierto con una lámina de PVC					2000
	De una pieza formada por un Tab. Agl. de 25 mm recubierto por unas planchas metálicas y sobre ellas se ha colocado un Tab. agl. de 10 mm. Todo recubierto con una lámina de PVC.					2000
Indeport, S.L.	Bastidor y alma de una pieza de Tab. fib. de 32 mm recubierto con una lámina de PVC.					2001
Artema Puertas, S.A.L.	Madera maciza	MDF de 5 mm	Cartón alveolar tipo nido de abeja.			2001

### 7.3.5.2 Tableros mixtos.

También se les denomina. **Paneles sandwich. Tableros de alma compleja. Tableros complejos. Tablero contrachapado compuesto.**<sup>1655</sup>  
**Tableros o contrachapados compuestos.**<sup>1656</sup>

Suelen ser paneles más modernos, que los tableros armados, por el tipo de materiales con los que están fabricados.

Este tipo de tableros surgen como solución de problemas industriales de aislamiento térmico, acústico, vibrático, etc.<sup>1657</sup>, pero son susceptibles de utilizarse en el campo de las BB.AA. como quedó patente en la memoria, de la que ya hemos hablado, realizada por Isabel Rodríguez Sancho. No insistiremos demasiado en este punto ya que creemos que dicha memoria es suficientemente gráfica.

La unión de la chapa o del contrachapado con espumas<sup>1658</sup> de resinas, con fines aislantes principalmente (sandwich constructions), se viene haciendo desde hace más de cincuenta años. Las almas pueden estar compuestas por multitud de materiales tanto macizos como huecos: polvo o fibra de amianto, metales en forma de celdillas, plásticos, etc.

<sup>1655</sup> Denominación que adquiere cuando los paramentos están formados por dos chapas cruzadas a cada lado, según la norma UNE-EN 313-2:2000.

<sup>1656</sup> Según la FAO

<sup>1657</sup> Es decir su alma está constituida por materiales con poder de aislamiento térmico, acústico, etc.

<sup>1658</sup> Nos referimos a las espumas rígidas tales como: espumas de poliestireno, Poliuretano (PUR, con densidades de 50 a 250 Kg/m<sup>3</sup>), epoxi y cloruro de polivinilo.

Mencionaremos algunas colaboraciones entre empresas de talante diferente para conseguir nuevos productos en los que de una manera u otra está presente la madera.

En los años 70, la A.P.A. (American Plywood Association) cooperó con los principales fabricantes de paneles de estuco y realizaron pruebas acústicas con una combinación de **Paneles contrachapados Y Paneles de estuco**.<sup>1659</sup>

Asimismo cooperó con compañías químicas, plásticas, etc. Para conseguir «(...) un tipo de envase para transporte marítimo, de **Tablero contrachapado reforzado con lana de vidrio**, que se utiliza cada vez más frecuentemente en las modernas naves acondicionadas para el transporte». <sup>1660</sup>

En 1986 Dow Chemical Iberica, S.A. informa al mercado sobre lo que ellos denominaron “una nueva solución constructiva para cubiertas inclinadas”: hablamos del **Styrofoam**®. Se trata de un panel tipo sandwich cuyas caras pueden estar realizadas con productos derivados de la madera fabricados por la empresa Tafisa, tales como: Ebanel H, Eucabord o Multicapa. El alma del panel estaba realizada con espuma rígida de poliestireno extrusionado facilitado por la propia Dow Chemical.

En los años 90, Laripan® (distribuido en exclusiva por A.F.P., S.A.) utiliza como alma el tablero Styrofoam® y como caras dos tableros (ignífugos, fenólicos, hidrófugos, etc.) de diferentes espesores, para conformar el panel sándwich Laripan.

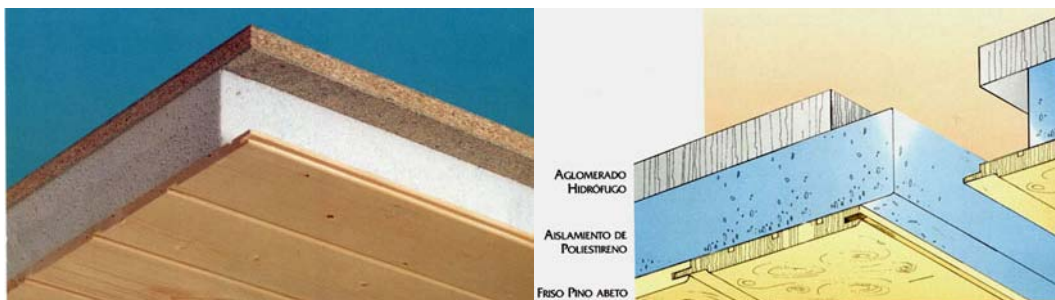
---

<sup>1659</sup> James R. Turnbull, “Promoción de los paneles a base de madera”, *Montes*, año XXVII, nº 161, Sept-Oct, 1971, Montes, Madrid, pág. 391.

<sup>1660</sup> Ídem., pág. 391-392.



Características de los paneles Laripan <sup>1661</sup>			
Espesor nominal standrad (mm)		50	80
Dimensión standard (mm)		2480 x 1200	
Espesores en mm según composición	Contrachapado	10	10
	Styrofoam	30	60
	Contrachapado	10	10
Peso del panel (Kg/m <sup>2</sup> )		12,30	13,20



Paneltherm.  
Cortesía de Radisa.

Algo similar representa la firma Radisa con el panel **Paneltherm**. Dicho panel

consiste en dos caras y un alma que se encuentran en línea discontinua (traslapados) para evitar la debilidad de las uniones en línea:

- Núcleo central:
  - Poliestireno con densidades de 30, 50, 60, etc. Kg/m<sup>3</sup>.
  - Resistencia al fuego: M-1: (materiales combustibles y no inflamables).
- Caras (combinaciones):

<sup>1661</sup> Se incluyen sólo las características del panel que a nosotros nos interesan, ya que este panel se diseñó especialmente para la realización de cubiertas inclinadas. Para más información vid. Hojas técnicas de Laripan®.

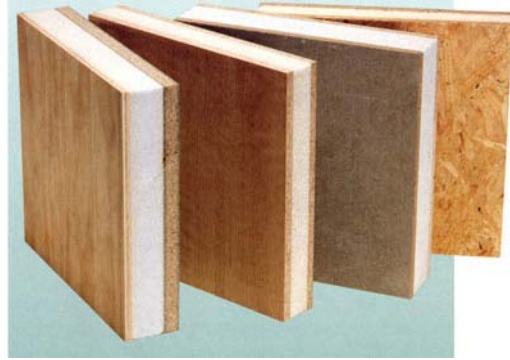
- Aglomerado hidrófugo-contrachapado.
- Aglomerado-aglomerado.
- Tablero cemento-aglomerado.
- OSB-aglomerado, etc.

Dimensiones: 2440 x 600

También se ha asociado al tablero contrachapado con metales como el aluminio, acero inoxidable, duraluminio, acero galvanizado, etc.

Otras muchas firmas comercializan también estos tableros:

**PaisLant** aislamientos & paneles



Posibilidades de Paneltherm.  
Cortesía de Radisa.

## 8 ALGUNOS TRATAMIENTOS ESPECIALES APLICADOS A LA MADERA Y ENCAMINADOS A MODIFICAR SUS PROPIEDADES.

Denominaciones históricas: **Maderas mejoradas. Maderas modificadas. Maderas transformadas. “Super madera.”**

### 8.1 Introducción.

La madera, pese a ser un material con inconvenientes particulares tales como: problemas derivados de la humedad, sufrir agresiones de agentes atmosféricos, microorganismos, fuego, anisotropía, etc., tiene unos valores de resistencia en relación con su peso (sobre todo en el sentido longitudinal de las fibras), muy aceptables y por eso se ha utilizado en la construcción, aeronáutica, etc. Este estado de cosas y los avances tecnológicos promovieron la aparición de lo que se ha denominado *maderas mejoradas*:

Esto ha hecho que se desarrollaran las llamadas maderas mejoradas, impregnando las maderas con resinas artificiales, y se formaran contraplaqueados de madera y dichos plásticos, obteniéndose productos resistentes a la corrosión, que no sufren variaciones con el grado de humedad, menos combustibles y con características mecánicas superiores y más uniformes que las de la madera base.

Aviones contruidos de madera fueron los célebres Fockers, y por la década de 1940, se comenzaron a utilizar maderas mejoradas, sistema utilizado para ciertos elementos de los tetramotores “Albatros” y bimotores “Mosquito” (de Havilland), avionetas “Timm”, recubrimientos de ala por el procedimiento PLYWELD (Fletcher), etc.<sup>1662</sup>

La madera, como material de origen natural se desarrolla, no como nosotros quisiéramos, sino al ritmo que dicta su propia naturaleza (desde su genética, suelo, climatología, etc.)<sup>1663</sup> Pero no es necesario conformarse con eso, ya que desde antiguo se han realizado muchos intentos y se han ideado muchos métodos con el propósito de dominar, hacer más dócil a la madera o mejorar algunas de sus propiedades.<sup>1664</sup>

---

<sup>1662</sup> José M<sup>a</sup> Román y Arroyo, op. Cit., pág. 226.

<sup>1663</sup> “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 153.

<sup>1664</sup> Esto acabará derivando en la consecución de nuevos tableros con mejoras muy importantes.

La mejora iba enfocada, principalmente a solucionar los problemas que tenía la madera derivados de su propia constitución: higroscopicidad<sup>1665</sup> y anisotropía. Ambas causan muchas dificultades en el uso de la madera y derivados: la 1ª genera problemas de hinchazón y merma y la 2ª variación de las propiedades, pero la higroscopicidad es la más dañina.

Kollmann ofrece cuatro orientaciones<sup>1666</sup> encaminadas para evitar estos inconvenientes:

- Tratamiento por distintos medios para modificar su mecánica de sorción: medios físicos como el tratamiento con altas temperaturas, (tratamiento con vapor y agua hirviendo) secados artificiales, prensado, etc. El envejecimiento químico no dio resultados satisfactorios. Productos químicos que contienen sosa cáustica producen lo contrario y otros como «soluciones de sal común y azúcar (procedimientos Powell) no influyen tanto en la higroscopicidad, sino más bien en el “trabajo” de la madera»<sup>1667</sup>
- Evitar el contacto con la humedad por medio de pintura impermeable, revestimiento con chapas metálicas, impregnación con productos hidrófugos (impregnación con creosota, parafina caliente). Tradicionalmente se han usado una serie de productos que, incorporados a los recubrimientos, hacen éstos hidrófobos. Los más habituales eran:
  - Ceras naturales: Abeja y carnauba.
  - Ceras naturales modificadas: Aminas y castor.
  - Sintéticas: Propileno y polietileno (las más empleadas).

---

<sup>1665</sup> La higroscopicidad no desaparece con estos tratamientos pero se puede reducir de manera permanente por medio de ciertos tratamientos que se verán a continuación. «Todos los procedimientos persiguen el mismo fin, la eliminación de los grupos hidroxilos terminales de la celulosa, lo que supone la reducción del carácter higroscópico» (Liesa-Bilurbina, op. cit., pág. 104).

<sup>1666</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 435.

<sup>1667</sup> “Concepto erróneo nº 8: La madera totalmente desecada no trabaja”, *Montes*, Año II, Julio-Agosto, nº 10 1946, Montes, Madrid, pág.379-380

Este grupo se completa con la reciente aparición de otros productos con unos resultados magníficos:

Recientemente, ha salido al mercado una nueva generación de productos hidrófobos, a base de estearatos, alcalonamina y zirconio, que proporcionan una hidrofugación duradera por su reacción con los radicales libres de la madera. Son productos no filmógenos con efecto perlante, que penetran en la madera y son respetuosos con el medio ambiente y no contienen ningún disolvente orgánico. Es una composición optimizada que confiere a la madera una estabilidad dimensional máxima. Contrariamente a otros hidrofugantes permite la ulterior aplicación de lasures, barnices o pinturas en base agua o disolvente. La novedad de estos productos es que ofrecen una protección hidrofugante con efecto perlante sin formar las tradicionales capas filmógenas protectoras, son impregnantes y reaccionan directamente con los radicales libres de la madera y se presentan en base acuosa.<sup>1668</sup>

- Evitar la hinchazón por medio de preformación y sujeción apropiadas, mediante contrachapados o laminados.
- Mezcla de procedimientos: maderas comprimidas con resinas artificiales y la posibilidad de la estratificación en estrella o en cruz de las chapas.

Kraemer Koeller, por su parte; proponía una serie de procedimientos para modificar las propiedades físicas de la madera (y que también mejoran su conservación):<sup>1669</sup>

- Cocer y vaporizar. No aumentan la resistencia de la madera pero sí la atracción hacia los insectos.
- Secado industrial. Eliminan infecciones pero no la protegen para el futuro.
- Contrachapados. Encolados en frío con caseína son igual de débiles, pero si se hace en caliente y con colas fenólicas, por ejemplo, se libran de infecciones y pierden atracción para los insectos.
- Aglomerados. Bastante resistentes contra los hongos pero no contra los insectos xilófagos.

---

<sup>1668</sup> Joaquín Martín Diéguez, “Acabado de la madera. Duración al exterior y meteorización por agentes atmosféricos”, *Aitim*, n° 187, Mayo-Junio, 1997, Aitim, Madrid, pág. 63.

<sup>1669</sup> Kraemer Koeller, op. cit., págs. 277-279.

- Aglomerados con cemento. No resisten los hongos, pero sí los xilófagos marinos.
- Tableros de fibras. Comportamiento como contrachapados.
- Tratamientos de calor-presión. Disminución de la hinchazón-retracción. Cuando la temperatura es superior a 140° pierde toda la atracción para los insectos xilófagos.
- Compresión. Para aumentar la dureza. Prácticamente inatacables por insectos xilófagos.
- Impregnación con metales y resinas sintéticas. Aumentan la resistencia mecánica y protegen de casi todos los xilófagos.
- Fabricación de papel. No disminuye el peligro contra los xilófagos.

En el mundo de la restauración se ha trabajado desde siempre tratando de eliminar o, al menos, amortiguar esos movimientos de la madera por medio de sustancias modificadoras de la madera tales como los consolidantes, preservantes, etc. No existe el consolidante ideal que solucione todos los problemas. Unos han sido más afortunados que otros. Podemos establecer dos grupos fundamentales en cuanto a consolidantes más usados:

- De origen natural: Ceras de abeja y parafina, colas, gomas, resinas naturales (damar, colofonia, goma laca, etc.), aceites secantes (linaza, tung), derivados de la celulosa (acetato, nitrato, metilcelulosa, carboximetilcelulosa), sacarosa, glucosa, sorbitol, lactitol<sup>1670</sup>.
- De origen sintético: Mowilith (acetato de polivinilo), Mowiol (alcohol polivinílico), Laropal K-80 o Cetónica "N" (resinas cetónicas), Paraloid B-72, Butvar 98 (resinas acrílicas) y los PEG (polietilenglicol) y las siliconas (el principal aceite de

---

<sup>1670</sup> Parecido al azúcar tradicional.

silicona utilizado por la Universidad de Texas es el *dimethyl siloxane*).

El hecho de introducir polímeros en la madera acarrea una modificación en la dilatación / contracción de la madera, en mayor o en menor medida, dependiendo de si estos polímeros impregnan las paredes celulares o se mantienen solamente dentro de los lúmenes celulares.<sup>1671</sup>

Para nosotros, en el taller, lo más sencillo es proteger el reverso de nuestro soporte por medio de un aislante que lo impermeabilice para, de este modo evitar que producto de la absorción o pérdida de humedad nuestro soporte se curve. Debemos tener en cuenta algunos factores como la naturaleza del aislante a emplear y su interacción con las capas de aparejo, imprimación, capa pictórica, etc. Lo más importante de todo es que se produzca un equilibrio entre anverso y reverso y sin perder de vista que la parte más expuesta a las corrientes de aire, etc. es la que contiene la capa pictórica.

Dos factores importantes fueron la clave del éxito en la obtención de los nuevos tableros (maderas mejoradas): «Los tratamientos aplicados para hacer la madera resistente a la intemperie y los adhesivos capaces de proporcionar a las uniones características análogas a las del material».<sup>1672</sup> Estos adhesivos proporcionan, a veces, líneas de encolado más resistentes que la propia madera.

El término *mejoradas* puede resultar un poco amplio, aunque en origen se refiriera a la impregnación o encolado de especies homogéneas de madera, como el haya, con resinas termoestables, produciendo piezas de gran dureza, con características de aislamiento eléctrico y resistentes a los productos químicos. De aquí surgieron piezas aislantes, piezas utilizadas en fundición, cuñas, cojinetes, etc.

---

<sup>1671</sup> En este último caso se produce una reducción de los movimientos higroscópicos del orden del 20%.

<sup>1672</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 988.

Al principio el tratamiento iba referido a las maderas macizas pero pronto se realizó también con madera laminada. El tratamiento se realizaba con impregnación y compresión o no, según densidades a obtener. La impregnación se realizaba por medio de vacío o por inyección. Se obtenían densidades con la madera maciza de 0,80 para la madera sin comprimir y 1,20 para la comprimida, aumentando hasta 1,40 en la madera laminada comprimida. En este último caso se utilizaba como adhesivo entre las chapas, la baquelita, que al efectuar el prensado en caliente se fundía e impregnaba las láminas de madera (laminada o contrachapada), fraguando posteriormente y endureciéndose.<sup>1673</sup> A veces más duras y fuertes que la madera natural. Esa dureza que impatía la resina hacía que las piezas parecieran metálicas por su tremenda dureza.

Fue utilizada en la fabricación de hélices para aviones.

Un ejemplo claro de estos procedimientos lo tenemos en el antes mencionado avión Mosquito, utilizado en la II Guerra Mundial, fabricada gran parte de su estructura con esta madera mejorada.<sup>1674</sup>

El Mosquito era un elegante avión de madera que inició parte del camino de las estructuras sandwich y con ello originó un cambio de mentalidad y concepto a la hora de diseñar estructuras resistentes pero ligeras. Fue construido en 1940<sup>1675</sup> y constaba de una estructura monocasco con un revestimiento o forro de chapa de abedul a cada lado de un núcleo de madera de balsa y el conjunto resultante era moldeado mecánicamente.<sup>1676</sup>

---

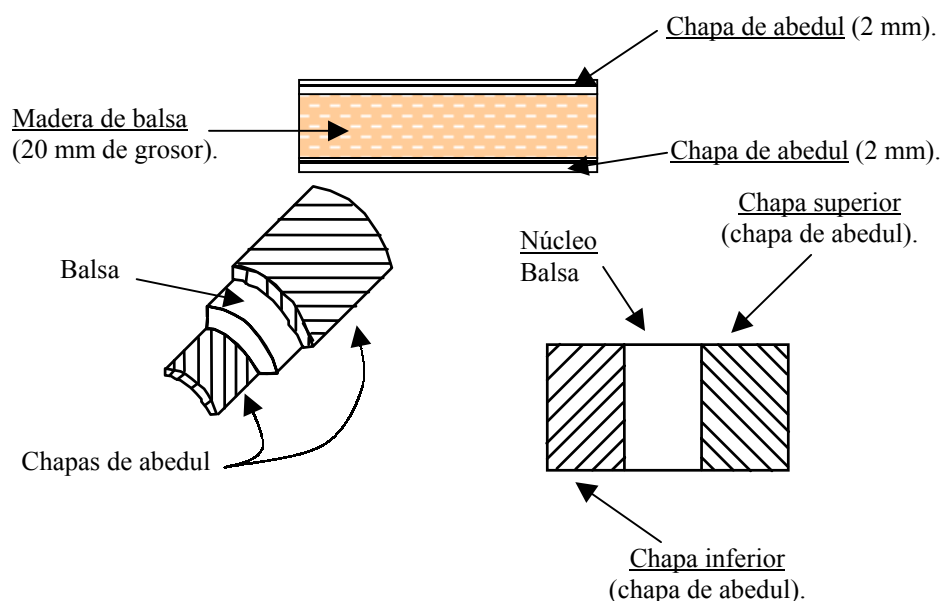
<sup>1673</sup> Entre 1927 y 1935 se introdujeron innovaciones en la industria aeronáutica como el *Duramold*, que consistía en chapas de madera de abedul encoladas con resinas sintéticas y moldeadas a presión en caliente. (Proceso “Duramold”). Fabricación llevada a cabo por la Duramold Division, Compañía norteamericana que fabricaba este material en su fábrica de la Fairchild en Jamestown, Nueva York. Para más información vid. “En Brasil se propone adaptar métodos modernos en las industrias de la madera,” *Montes*, Año III, nº 18, Nov.-Dic, 1947, Montes, Madrid, pág. 579.

<sup>1674</sup> También se fabricaron con estos materiales monoplanos rusos (aviones de caza).

<sup>1675</sup> Hay que tener en cuenta que a mediados de 1930 cesa prácticamente la construcción de aviones de madera y comienza la era de la construcción metálica. Este tipo de avión estuvo en servicio desde 1941 a 1963. En Gran Bretaña era conocido como *The wooden Wonder* Para más información sobre especificaciones técnicas del avión puede consultarse la siguiente pág. Web: <http://www.letsfindout.com/subjets/aviation/rpimosqu.html>

<sup>1676</sup> “(...) las alas y el fuselaje del avión se construían en cascos intercalados. Se extendían en láminas por ambos lados, con chapas de pino Oregón muy extensible, más bien gruesos, capas de duramen de





Este sistema lo usaba la “Duramold Division” en la fabricación de embarcaciones. La laminación transversal hace las veces de “costillas” de la embarcación. Ejemplos los tenemos en los cañoneros Fairchild (AT-21) y los aviones F-46 usados en la 2ª G.M..

A este material se le denominó “Madera compregnada”.

En Octubre de 1948 el Consejo de Diseño Industrial expuso en Londres en su Sala de Exposiciones de Murray House, una serie de cuatrocientas muestras de nuevos materiales plásticos basados en madera laminadas, fabricados con residuos industriales y las resinas sintéticas que se estaban abriendo camino. Esta exposición fue la consecuencia de numerosos esfuerzos comenzados ya en plena 2ª G.M. con el fin de encontrar materiales que sustituyen a otros, como el acero, dada la gran escasez de los mismos.<sup>1677</sup>

En su parte posterior las chapas se colocaban en diagonal y formando entre sí 90º para lograr la adecuada resistencia a la torsión<sup>1678</sup>

---

madera de balsa (...). Debido al efecto superficial, su resistencia al pandeo es extraordinaria”. (F.F.P. Kollman, “la promesa de la tecnología”, *Montes*, Año XXV, nº 149, Sept-Oct, 1969, Montes, Madrid, pág. 416.

<sup>1677</sup> L.G. “Nuevos progresos británicos en maderas sintéticas”, *Montes*, Año V, nº 26, Marzo-Abril, 1949, Montes, Madrid, pág. 158.

<sup>1678</sup> Hugh Johnson, op. cit., pág. 144.

Esta nueva concepción solucionaba la falta de rigidez que tenían los revestimientos de los aeroplanos y que hacía que hasta entonces se fabricaran excesivamente gruesos por miedo a posibles pandeos. Para Cutler, la solución vino a ser la siguiente:

Una manera de proporcionar rigidez a láminas delgadas es hacer un *sandwich* con una hoja muy fina, una capa de material central muy ligero pero bastante rígido y otra hoja fina, todo pegado con un adhesivo adecuado. [...] En las estructuras importantes de hoy, un núcleo de metal, parecido a las celdillas de un panal con placas laterales metálicas, parece ser la solución más adecuada.

Una innovación inglesa de hace algunos años evitaba uno de los problemas del material normal de núcleo de panal. Mediante una modificación del modelo hexagonal, el núcleo se hacía de manera que pudiera formar paneles redondeados de doble curvatura, por ejemplo, en forma de cúpula.<sup>1679</sup>

Todo esto pudo lograrse gracias a avances tecnológicos, como los progresos alcanzados con las máquinas de desenrolle de chapa, que impulsaron la introducción de maderas exóticas como el ocumé, al principio, y otros como la limba, el abaquí, el macoré, etc., después; y que propiciaron avances tecnológicos en los contrachapados. Y gracias también a ese nuevo concepto de entender los materiales y aunar las características de algunos de ellos para conseguir otro material nuevo con características totalmente diferentes.

Vamos a pasar una rápida mirada a unos pocos de ellos y comprobaremos así que con distintos tratamientos aplicados a la madera se puede conseguir hacer más apta la madera para su uso con fines estructurales, de soporte, decorativo, etc.

Los métodos más usuales desde las primeras investigaciones fueron: calor, humedad, tratamientos químicos y presión. Con ellos se puede hacer de la madera un material susceptible de cambiar de forma o volumen al hacerse moldeable, al tiempo que se pueden variar densidades, dureza y durabilidad así como las posibles deformaciones que sufriría en su estado normal.

---

<sup>1679</sup> John Cutler, *Estructuras del avión*, 2ª edición, Madrid, ed. Paraninfo, S.A., 1989, pág. 35.

Para Aitim las posibilidades son muchas y variadas: « La mejor es la posibilidad de impregnar, teñir, moldear mediante presión, conseguir la estabilidad dimensional y secado en el mismo proceso».<sup>1680</sup>

Varios de esos tratamientos tienen como finalidad la impregnación de la madera con diferentes productos para tratar de eliminar el juego debido a la humedad y producir una mejora general de sus características. Los tratamientos más importantes en este campo fueron: hacer la madera plástica, la baquelización de la misma y la metalización.

## 8.2 Madera plástica.

Hacer plástica<sup>1681</sup> la madera es un proceso que parte de la misma, todavía verde (sin secar)<sup>1682</sup> y que consiste en sumergir a ésta en una solución saturada de urea (hay otras posibilidades) y calentada a 100° C<sup>1683</sup> (212° F), de manera que adquiera aspecto plástico y pueda trabajarse por compresión, doblado, etc. y al enfriarse la masa obtenida conserve indefinidamente la forma.<sup>1684</sup>

Con este tratamiento, además, se puede evitar la acción de los agentes destructores (hongos e insectos xilófagos) y también evitar agrietamientos (fendas de desecación prematura) y deformaciones.

---

<sup>1680</sup> “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994, pág. 153.

<sup>1681</sup> Estuvieron realizándose una serie de experimentos, en EE.UU., encaminados a aplicar urea, obtenida sintéticamente, para proteger la madera de xilófagos y evitar las fendas de desecación. Durante tres años se realizaron trabajos destinados a este fin que fueron publicados por J.F.T. Berliner en la revista “Mechanical Engineering”, órgano de la Sociedad Americana de Ingeniería Mecánica, (Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 122).

<sup>1682</sup> Algunas especies que se prestan para este tratamiento son el nogal, el roble y el arce, dado que se dejan impregnar sin grandes problemas por las soluciones de urea. Se recomienda el uso de madera verde pues el tratamiento es más fácil con mayor contenido de humedad.

<sup>1683</sup> Por los años 40' los laboratorios de Productos Forestales de Madison (L.P.F.M.) en Wisconsin, llevaron a cabo los experimentos conducentes al descubrimiento de este producto. Debemos decir que estos laboratorios se fundaron en EE.UU. en 1910 y fueron los 1<sup>os</sup> en dedicarse a la investigación científica del mundo de la madera.

<sup>1684</sup> Con algunas maderas, como el haya, pueden realizarse operaciones de doblado utilizando vapor de agua (curvado al vapor). Esto se puede llevar a cabo con éxito debido a las propiedades intrínsecas de estas especies, que evitan que se partan o astillen durante el proceso.

Según Arredondo <sup>1685</sup> la urea se puede aplicar pulverizada en seco, por inmersión y por aspersión o irrigación. Si se aplica como tratamiento protector se requiere poca cantidad pero si se trata de hacerla plástica, requiere cantidades diez veces superiores.

Nájera <sup>1686</sup> nos describe los tres métodos con bastante claridad, asimismo nos aclara las ventajas de estos métodos y algunas particularidades de estas operaciones, como el empleo de agua caliente, el aumento de aplicación de producto en las testas, reducción del tiempo de secado, especies más adecuadas y usos (curvado de maderas, por ejemplo).

Fijándonos en la docilidad que adquiere la madera por este método podemos comprender el fundamento de la fabricación del tablero aglomerado de partículas: una serie de astillas de madera aglutinadas con adhesivos de urea-formaldehído, fenol-formaldehído, etc. y otros aditivos que conforman una masa que puede moldearse a voluntad mediante presión y temperatura adecuadas. Al enfriarse conservan la forma del molde (tableros, listones, tacos, embalajes, palets, etc.) y adquieren gran densidad.

Otra posibilidad, aunque más peligrosa, de hacer plástica la madera consistía en hacer que una disolución de ácido clorhídrico penetre por los poros merced a una presión de 2 atmósferas. Se realiza con la madera recién apeada y sin descortezar. La disolución penetra en el rollizo en el sentido ascendente que llevaba la savia y sale por el extremo opuesto al raigal.



Cuando adquiere plasticidad, se puede trabajar y doblarla, o mediante presión se puede reducir su volumen hasta 1/10 parte. <sup>1687</sup>

---

<sup>1685</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 994.

<sup>1686</sup> Véase Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 122.

<sup>1687</sup> Las fibras, al ser presionadas, acercan sus paredes y quedan unidas, como si siempre lo hubieran estado, sin romperse ni enredarse, manteniendo esa misma posición cuando han secado y sin hacer ningún intento por volver a ocupar su posición originaria.

Esta posibilidad de manipulación de la madera puede beneficiarnos en relación con la fabricación de estructuras (bastidores) para soportes, dado que podemos variar la tradicional superficie plana de forma cuadrangular, del mismo, y generar superficies ligeramente cóncavo/convexas, siempre que los tableros utilizados después nos lo permitan, por cuestiones de elasticidad y grosor principalmente.

Tradicionalmente estas técnicas de curvado han ido encaminadas a la construcción de muebles, sillas principalmente, pero toda esa industria puede ser utilizada para nuestros fines<sup>1688</sup>.

La urea no tiene problemas de alteración de color, ni lo produce en la madera. Tampoco afecta a otras propiedades de la madera, llegando incluso a mejorar algunas: la hace más resistente al fuego, no ataca a los metales y no pierde su carácter de *madera*: se sigue trabajando igual, se encola de la misma manera, no afecta en la aplicación de barnices y pinturas y es totalmente compatible con tratamientos protectores contra el fuego, xilófagos, etc.

Otra posibilidad que apunta Panshin<sup>1689</sup> es impregnar serrín con urea:

- Serrín.
- 25% del serrín (en peso) de urea.
- Agua.
- 1-5% estearato de zinc (lubricante).

<u>Prensado:</u> 70-100 Kg/cm <sup>2</sup> . <u>Temperatura:</u> 180-185° C.
---

### 8.3 Metalización de la madera.

Sólo tiene interés para la realización de piezas que vayan a estar sometidas a fricción. El proceso seguido en los años cuarenta<sup>1690</sup> consiste en algo parecido a lo que se hace para obtener madera plástica, se rellenan

<sup>1688</sup> Vid el apartado IV. Curvado de la madera de Cesar Peraza Oramas, “Empleo en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, Año X, nº 56, Marzo-Abril, 1954, Montes, Madrid, pág. 128.

<sup>1689</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 539.

<sup>1690</sup> Se le denominaron maderas chapadas con “venas de metal”, y fue presentado en la Exposición del Consejo Diseños Industriales en Octubre de 1948.

los poros de la madera por medio de la inmersión de la pieza seca en un baño con de metal fundido (metales de bajo punto de fusión) y se somete a una presión moderada, es decir, se constituye un nuevo material conformado por dos componentes de naturaleza totalmente diferente: madera y metal. De esta manera la madera queda reforzada por el metal, algo parecido a lo que ocurre con el hormigón armado; en este caso, la madera sería el equivalente al hormigón y el relleno metálico la armadura de barras de hierro o acero:

(...) Según Kollman, la obtención de metalizaciones leñosas se debe a los trabajos de H. Schmidt en el Instituto de Investigaciones del Hierro de Düsseldorf quien, asignando a la estructura vegetal un papel de esqueleto, relleno sus poros en un baño líquido del metal, siendo los más empleados el plomo, estaño, cinc y aleaciones blandas.

El nogal metalizado con Sn llega a alcanzar una densidad de 3,85 Kg./dm<sup>3</sup> y el pino diez veces superior [También va a depender del grado de impregnación]. También se ha utilizado la metalización externa, proyectando a presión el metal líquido.

Las propiedades de una madera metalizada son: resistencia a compresión [aumento considerable], dureza de 3 a 4 veces superior [con aleaciones de plomo-antimonio], estabilidad volumétrica perfecta [reducción del hundimiento por humedad], incombustibilidad [no empieza a arder hasta que el metal que contiene se ha fundido y ha salido de la madera; luego se consume como el carbón], buena mecanización - sierra, taladro, cepillo, encolado, etc.-, cualidad de interés para emplear el material en piezas sometidas a fricción.<sup>1691</sup>

Desde luego, de no ser por el material tan sumamente pesado que se origina, podría ser un excelente elemento de construcción de soportes, (listones, refuerzos, etc.) dado que los listones que produciría estarían prácticamente exentos de los problemas higroscópicos de la madera sin metalizar. Un problema importante es que esta madera posee densidades altísimas, circunstancia que crea complicaciones a la hora de cortarla y trabajarla sin utillaje apropiado.

Con esta impregnación se consigue que la dureza y la resistencia mecánica aumenten espectacularmente y sea esta impregnación, superficial o profunda, siempre se conservará la estructura de la madera.

---

<sup>1691</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 327.

## 8.4 Impregnación sin alta compresión.

Otras denominaciones: **Baquelización de la madera sin compresión.**  
**Madera impregnada.**

También recibe el nombre de madera endurecida (indurated wood) por el resultado obtenido, una vez terminado el tratamiento, o también madera baquelizada.

Este procedimiento nace, como tantos otros, de la búsqueda de soluciones que aminoren los *defectos* de la madera y/o mejoren sus resistencias.

Se trataba de impregnar la madera con alguna sustancia que ocupara el lugar de los poros. Al ser estos de diámetros microscópicos era necesario que dicha sustancia fuera líquida para mejorar su penetrabilidad y, una vez dentro de la pieza, se endureciera para formar cuerpo con ella:

Se probó con alquitranes, azufre, parafina, etc., pero eran expulsados totalmente del interior. Con el descubrimiento de las resinas sintéticas se solucionó el problema.<sup>1692</sup>

El sistema de impregnación podría llevarse a cabo sobre madera maciza o sobre madera en chapa. No llevaba consigo, inicialmente, una compresión posterior, se trataba de rellenar todas las oquedades de vasos, fibras, traqueidas, etc. con resinas sintéticas.

### 8.4.1 Impregnación sin alta compresión (presión de encolado) sobre chapas delgadas.

En vez de utilizar grandes grosores el proceso utiliza chapas.<sup>1693</sup>

---

<sup>1692</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 117.

<sup>1693</sup> La norma UNE 56701-1:1969 establece una clasificación de las chapas según su aspecto después de la elaboración: Chapa normal, es aquella cuyo espesor ha disminuido menos del 10% en el prensado. Chapa comprimida, es aquella cuyo espesor ha disminuido entre el 10 y el 50% en el prensado. Chapa impregnada, es aquella a la que se le han inyectado resinas sintéticas u otros productos. Chapa compreg, es aquella que ha sido impregnada y comprimida. De todas ellas, o mejor dicho, de los productos que generan se hablará en este capítulo.

#### **8.4.1.1 Por aplicación del adhesivo en láminas.**

Productos comerciales obtenidos por este método: **TEGOMADERA**, **TEGOWOOD** y **AMBERWOOD**.

Aplicando la cola en forma de láminas (Tegofilm) y procediendo a su fusión por calor. El hecho de que se diga que no conlleva presión, quiere decir que, en el caso de las chapas, la única presión que se ejerce es la necesaria para que la cola penetre en cada chapa y el conjunto quede encolado por la acción del calor proporcionado al adhesivo y esa presión. Cuando se habla de la “compresión” en la madera o “madera comprimida” nos referimos a que por medio de enormes presiones aproximamos la densidad de la especie en cuestión al mítico 1,50 de densidad, en la que se han eliminado todos los huecos en la madera.

#### **8.4.1.2 Por embadurnamiento con el adhesivo.**

A las chapas se les aplica el adhesivo por “embadurnamiento” y posteriormente se prensa.

Estos productos se comercializaron con el nombre, entre otros, de **IMPREG**, que fue ideado por el Laboratorio de Productos Forestales de Madison.

Según Panshin el Impreg es «un contraplacado superior con buena estabilidad y resistencia muy mejorada a los hongos, insectos, fuego y erosión.»<sup>1694</sup>

#### **8.4.2 Impregnación sin alta compresión (presión de encolado) sobre madera maciza.**

Será a partir de 1907, fecha en la que Leo Hendrik Baekeland descubre la baquelita,<sup>1695</sup> cuando se comience a inyectar ésta a los poros de la

---

<sup>1694</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 186.

<sup>1695</sup> La baquelita es un producto de reacción del fenol y del formaldehído en presencia de un catalizador (de ahí el nombre de resinas “fenólicas”) descubierta por L. H. Baekeland (1863-1944). Esta reacción fue estudiada, treinta y cinco años antes, por Bayer, pero no supo cómo controlarla.



madera para que al solidificarse en su interior sujetase los diferentes tejidos leñosos a la vez que impregnase las paredes de éstos<sup>1696</sup>. El que idea este novedoso tratamiento, a baja temperatura, es Kollmann y desarrolla un nuevo material llamado **XILOBAKELITA**:

Impregnando las láminas con cantidad suficiente de resina artificial se puede reducir mucho la contracción y la hinchazón.

Disminuyendo el espesor de las láminas, o sea aumentando el número de capas por centímetro de grosor del tablero, aumenta automáticamente la admisión de resina, y con ello se disminuye la hinchazón.<sup>1697</sup>

El desarrollo de este material fue debido a la aparición de las resinas sintéticas, que comenzaron a ocupar el puesto de otros materiales insustituibles hasta la fecha y a la aplicación de vacío, presión y distintas temperaturas para facilitar la penetración de la resina y su posterior polimerización que trae consigo el endurecimiento.

Dado que la madera es sometida a diversos tratamientos para hacerla más receptiva a la baquelita (temperaturas elevadas, por ejemplo), se aprecia en ella «(...) un principio de envejecimiento artificial, desaviado, secado, etc., que la mejora extraordinariamente».<sup>1698</sup> Estos tratamientos hacen de ella una madera totalmente aséptica e imputrescible y la defienden de los ataques de xilófagos. La razón es que la madera no retiene la suficiente humedad para que puedan desarrollarse dichos xilófagos.

Para Camuñas ese material poseía unas excelentes propiedades físicas, mecánicas, químicas, dieléctricas y biológicas:

Esta madera carece de juego, es estable, imputrescible y biófoba, sus resistencias aumentan las de compresión [50%] y tracción del doble al triple, la de flexión 1/4 y la resiliencia permanece constante; la bakelita se combina químicamente

---

Tiene mucho uso a niveles industriales, especialmente en la preparación de resinas, barnices y lacas y en la fabricación de objetos por moldeo. Actualmente tiene enorme importancia en el encolado de todo tipo de tableros que han de estar expuestos a la intemperie o a condiciones higrométricas adversas. La baquelita aguanta temperaturas hasta los 300° C. Es insoluble en todos los disolventes. Su naturaleza plástica la hace impermeable a líquidos y gases y carente de higroscopicidad. Resiste ácidos y bases. Es muy dura. Mala conductora del calor y tiene gran resistencia mecánica.

<sup>1696</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 116.

<sup>1697</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 468.

<sup>1698</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 118.

con la celulosa, a cuya circunstancia se debe la uniformidad del material resultante y sus propiedades.

Los usos de este producto son numerosos: ejes, piezas, órganos de protección, aisladores y cuadros eléctricos, pivotes, engranajes, modelos y bridas, para paletas, centrífugas, chasis de fotograbado y cajas de pilas y acumuladores.<sup>1699</sup>

Aquí la impregnación se realiza por inyección con resinas de fenol-formaldehído (30%) y de esta manera dichas resinas se sitúan en el lugar ocupado anteriormente por el aire<sup>1700</sup>; sitio susceptible de ser ocupado por el agua y que de esta manera resulta imposible, con lo que se elimina prácticamente el juego de la madera (se reduce en un 30%). Aumenta su densidad en un 18%<sup>1701</sup> y su mecanización requiere herramientas muy bien afiladas y resistentes.<sup>1702</sup>

La madera impregnada se transforma así en un material completamente diferente: «la madera impregnada, en su limite extremo, viene a ser una cola, en la que “la carga” la constituye la propia estructura de la madera»<sup>1703</sup>

La pieza así tratada mejora las propiedades mecánicas de la madera original porque reduce la higroscopicidad<sup>1704</sup> (por lo dicho anteriormente) y adquiere propiedades similares a las de la baquelita: resistencia al calor, buenas propiedades aislantes, etc., por eso este tipo de madera tenía aplicaciones eléctricas, maquinaria industrial e industria química. La dureza ha aumentado de 1,5 a 3 veces. Mejora la resistencia a flexión...

## 8.5 Compresión de la madera.

Otras denominaciones: **Maderas de densidad elevada.**<sup>1705</sup>

---

<sup>1699</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 328.

<sup>1700</sup> Dentro de vasos y traqueidas, formando cuerpo con los tejidos leñosos y forma una sola unidad.

<sup>1701</sup> “Mejora de propiedades de la madera”, Montes, Año IX, nº 54, Nov.-Dic, 1953, Madrid, pág. 516.

<sup>1702</sup> Carburo de tungsteno o widia.

<sup>1703</sup> Cesar Perez Oramas, “Empleo en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, Montes, Año X, nº 56, Marzo-Abril, 1954, Montes, Madrid, pág. 130-131.

<sup>1704</sup> Nájera piensa que se puede reducir a cero la higroscopicidad si, después del tratamiento, se protege a la madera exteriormente con una capa de baquelita (Nájera, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 118).

<sup>1705</sup> Aunque también se utiliza este término para nombrar a las piezas impregnadas y comprimidas posteriormente.

Bien es sabido que cualquier inclusión gaseosa, en piezas destinadas a resistir esfuerzos, debilita la sección resistente de dicha pieza, llegando incluso a partirse si la carga es muy grande<sup>1706</sup>. Con la madera sucede algo parecido ya que no es un material macizo ni homogéneo, por eso su peso específico real (absoluto o verdadero: 1,560) y el aparente (depende del volumen de poros) no coinciden.

Al hacer cálculos hay que tener en cuenta esto y ajustarse siempre al peso específico aparente, que evidentemente es menor que el real, haciendo que su sección sea también, realmente, menor.

Este tratamiento está destinado a acercar al peso específico aparente el real, por medio de la eliminación de los poros contenidos en la madera, que hacen de ella un material esponjoso, y de esta manera se consigue reducir el volumen hasta hacer desaparecer todo el aire ocluido y que quede relleno por la propia madera, pero debía cumplir una condición indispensable y era que no se podían romper las paredes<sup>1707</sup> de los tejidos celulares, pues de otro modo disminuiría la resistencia:

La idea de aumentar la compacidad de este material para lograr resistencia y estabilidad ha sido objeto de numerosas experiencias, como las de K. Egner y O. Graf, merced a compresiones normales a fibras, con la conclusión de que cuando el volumen final sea la quinta parte del primitivo las densidades aparente y real coinciden sensiblemente, por lo que el material carece de poros.<sup>1708</sup>

La compresión se puede realizar de varias formas que se van a diferenciar en las presiones, temperaturas, humedad<sup>1709</sup> y material a comprimir, pero debemos evitar prensar maderas de las que, por su estructura, resultase un producto quebradizo. Esto ocurre con las resinosas, puesto que existe gran diferencia entre los anillos formados en primavera y otoño.

---

<sup>1706</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 993.

<sup>1707</sup> La rotura de las fibras se produce al prensar las maderas longitudinalmente, ya que las fibras son continuas en toda su longitud, por eso se debe evitar este tipo de prensado.

<sup>1708</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 326.

<sup>1709</sup> Ya que la madera húmeda se comprime mejor que si está seca, lo mismo ocurre con la temperatura, una mayor temperatura facilita dicha compresión. El frío la dificulta.

Las presiones, como veremos en los esquemas siguientes, se ejercerán siempre de manera perpendicular a las fibras: en un primer momento perpendicular a los anillos y en un 2º tangente a los mismos.

De estos procesos se obtienen materiales con densidades superiores a las que les son propias (dobles a las de la madera natural y próximas a la mítica 1,560), durísimos y con infinitad de usos en la industria textil, mecánica, hélices de aviones, etc., sobre todo para piezas que estén expuestas a fuertes rozamientos: Madera comprimida (STAYPAK) y Madera pétreo o madera ortocomprimida (LIGNOSTONE).

### **8.5.1 Madera comprimida.**

Una de sus denominaciones comerciales: **Staypak**.

Consiste en someter a las piezas de madera a enormes presiones en sentido perpendicular, tanto a las fibras como a los anillos de crecimiento (método seguido desde antes de los años cuarenta).

Después del prensado, la madera va recuperando algo de su anterior volumen; según Nájera, «hasta un período que oscila alrededor de los catorce días, a partir del cual adquiere este volumen estado permanente»<sup>1710</sup>

La resistencia que va a ofrecer la madera contra la presión va a depender notablemente de la densidad que tenga, de la humedad y la temperatura.

Se empleaba en la preparación de soportes para xilografía, al escasear la madera de boj o, mejor dicho, al escasear tamaños grandes en esta especie (arbusto de dimensiones reducidas). Un grabador francés llamado Badoureau trabajó en la búsqueda de sustitutos para el boj, cociendo durante horas maderas de otras especies y sometiéndolas después a grandes presiones. Evidentemente ocurrió lo que anteriormente comentaba Nájera, que con el tiempo recuperaba su primitiva forma. De este modo sometió a la madera a un baño en una sustancia gelatinosa y posteriormente

---

<sup>1710</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 105.

se somete a prensado. Luego se separa de la prensa y en un molde se vuelve a prensar, dejando secar durante unas horas.

Más cercanos a nosotros están unos productos basados en estas técnicas, pero con tecnología actual y que se basan fundamentalmente en muebles (la silla Suing, por ejemplo) realizados con madera endurecida de *Lign Multiwood*. Producto presentado en la Feria Elmia Timber 2000 en Suecia:

(...) Está hecha con madera endurecida de Lign Multiwood. Este material es el resultado de una nueva técnica para transformar la madera. Ha sido comprimida y presionada hasta perder la mayoría de aire, sin dañar las fibras. Lo que da una madera mucho más dura, el pino por ejemplo, se vuelve duro como el roble. Cuando el álamo está comprimido para luego ser encolado de una cierta manera, resulta flexible.<sup>1711</sup>

### 8.5.2 Madera ortocomprimida.

La madera ortocomprimida<sup>1712</sup> recibe otras denominaciones: **Madera pétrea. Madera natural comprimida. (Lignostone).**<sup>1713</sup>

Si ahora tomamos una pieza de madera (escuadrada, se entiende) de fibra recta y sin nudos y la comprimimos en dirección radial, podemos reducir su grosor inicial hasta en 1/3. Si posteriormente se realiza otra compresión, esta vez tangente a los anillos de crecimiento, podemos volver a reducir otra vez hasta en 1/3 el grosor anterior. El resultado es una pieza de sección menor, aproximadamente la mitad de la original (su volumen pasa a ser la mitad), cuyas resistencias mecánicas se habrán visto favorecidas enormemente: dobla su elasticidad y quintuplica su dureza.

A este tipo de material se le denomina *madera ortocomprimida*, *madera pétrea* o, *Lignostone*:

El proceso de fabricación queda resumida de la siguiente manera:

(...) El material se somete a desecación en vacío hasta un 10% de humedad y a continuación sufre dos compresiones en

---

<sup>1711</sup> Nelly Malmanger, “Productos innovadores nórdicos”, *Aitim*, nº 209, ene-feb, 2001, Aitim, Madrid, pág. 21.

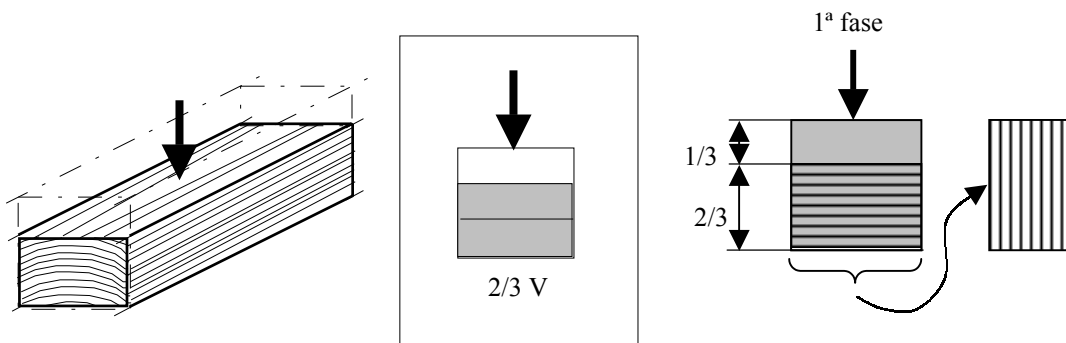
<sup>1712</sup> De *Orto* (griego *Orthós*), recto, derecho; y *comprimida*, es decir, madera comprimida en ángulo recto (ortogonal), o compresión perpendicular.

<sup>1713</sup> De *Ligno* (leño) y del inglés *Stone* (piedra).

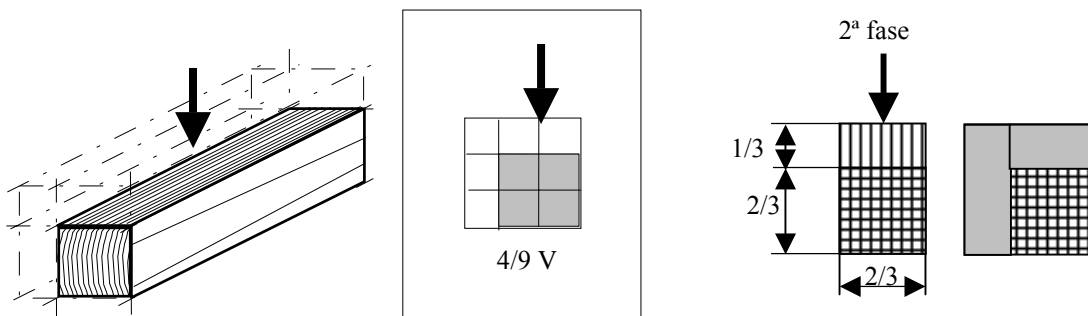
direcciones: la primera, normal a los anillos hasta reducir su altura a los  $\frac{2}{3}$  y la segunda tangencial a ellos, hasta rebajar la altura en  $\frac{1}{3}$ , con lo que la pieza queda con sección semejante [no similar] a la anterior, pero poseerá densidad doble de la inicial [estará próxima a la densidad real de la madera]. El Lignostone resulta homogéneo, duro y resistente ante cualquier solicitud, admite pulimento, no presenta deformación higrométrica, pero requiere herramientas especiales para su labra [widia]. Se utiliza para piezas silenciosas de maquinaria textil, cojinetes, mazas, herraje, piñones y engranajes.<sup>1714</sup>

Proceso de fabricación:<sup>1715</sup>

1ª compresión: perpendicular a los anillos de crecimiento



2ª compresión: tangente a los anillos de crecimiento.



Con estos esquemas resulta evidente que las fuerzas aplicadas son perpendiculares entre sí.

<sup>1714</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 326.

<sup>1715</sup> Vid. Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 117.

El descubrimiento de este sistema fue, como tantos otros, un hecho totalmente fortuito acaecido en Austria durante la 1ª Guerra Mundial y que Nájera nos resume a continuación:

Su descubrimiento se debe a la casualidad de haber caído un trozo de madera dentro de un autoclave, en el que se estaban haciendo ensayos para encontrar sustitutos de la goma [caucho] durante la pasada guerra europea.[1ª Guerra Mundial].

(...) Como consecuencia de la gran presión (300 atmósferas) y de la alta temperatura (varios centenares de grados) a que se encontraba el autoclave, el trozo de madera caído se convirtió en una masa oscura de gran densidad, en la que, sin embargo, se podía reconocer perfectamente la estructura de la madera.

De inmediato comenzaron los estudios para perfeccionar el nuevo tipo de madera, que, por su gran dureza, se designó con el nombre de *madera pétrea* [su dureza aumenta en un 100%].

(...) En los primeros ensayos se utilizaron procedimientos parecidos al de su descubrimiento: se utilizaba una autoclave, en la que se sustituía la goma fundida por asfalto, que era más barato y sólo penetraba superficialmente en la madera.

En los ensayos se comprobó que no era necesaria la presión en el sentido de las fibras, pues el acortamiento era casi nulo [la madera verde puede comprimirse entre un 2-3% en la dirección de la fibra a temperaturas de 20° C, aunque puede mejorarse aplicando más calor]. Por tanto sólo era necesaria la compresión en los sentidos tangente y perpendicular a los anillos. Actualmente [1944] el sistema usado es de prensas hidráulicas en caliente con presiones de 300 a 330 atmósferas<sup>1716</sup>.

Con este sistema, las longitudes de las piezas no varían. Supera en dureza al estaño y al aluminio. Pero ocurre que Kollmann observó que ese material admitía el agua más rápidamente que la madera sin tratar, a lo que la Casa Lignostone argumentó que debían elegirse correctamente las especies y someterlas antes a un acondicionamiento.<sup>1717</sup>

Las especies más utilizadas son: abedul, haya y olmo.

Los productos que se comercializaban en los años cuarenta eran los siguientes:

- Madera pétrea ligera: densidades entre 1,05 y 1,150.

---

<sup>1716</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, págs. 107-109.

<sup>1717</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, págs. 463-465.

- Madera pétrea media: densidades entre 1,18 y 1,25.
- Madera pétrea pesada: densidades entre 1,30 y 1,46<sup>1718</sup>.

Puede encolarse con colas de caseína sin problemas.

Con este procedimiento se roza casi la mítica densidad de 1,560, que nos indica la ausencia total de poros y que hemos convertido a la madera en algo homogéneo y casi isótropo, es decir que con las variaciones higroscópicas, sus contracciones y dilataciones son casi imperceptibles. Esto, según Nájera, se atribuye:

(...) Aparte de la influencia del prensado, [se atribuye] a un principio de modificación de la constitución química, de las paredes celulares, debido al prensado en caliente, y que se ha comprobado, al encontrar ácido acético libre, como indicio de una posible destilación seca de la materia leñosa<sup>1719</sup>

Esta industria se hizo un hueco muy importante en los Países Bajos, empleando para ello madera de haya.<sup>1720</sup>

Aplicaciones: lanzaderas en la industria textil, martillos, ruedas dentadas.

## 8.6 Impregnación y compresión de la madera.

Otras denominaciones: **Maderas de densidad elevada y alta resistencia.**

La impregnación puede realizarse tanto con resinas termoendurecibles como con termoplásticas.

### 8.6.1 Impregnación con resinas termoendurecibles.

Es lo que se ha denominado Baquelización y compresión, obteniéndose materiales como el COMPREG.

<sup>1718</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 110.

<sup>1719</sup> Idem, pág. 112.

<sup>1720</sup> Se describe brevemente el proceso que siguen en “El Lignostone. Un material técnico de múltiples aplicaciones”, *Montes*, Año V, nº 30, Nov.-Dic, 1949, Montes, Madrid, pág. 523.



Otra posibilidad en el laminado fue la de impregnar chapas y luego prensar, a diferencia del Lignofol que eran chapas “solo” encoladas y comprimidas.

Hacia 1935 se realizaron experiencias con resinas fenólicas, viendo que se reducía la admisión de agua en un 80-85%.<sup>1721</sup> Se preparaba esta madera con chapas finas de haya o abedul impregnadas en resinas de fenol-formaldehído que, después de secas, se sometían a grandes presiones con calor suficiente para volver a fluidificar las resinas de nuevo. Se usaban como aislante y con buenas propiedades como resistencia mecánica y poca absorción de humedad, pero en exceso frágil por el exceso de resina por eso comenzaron los estudios para reducir esa fragilidad. Se llega a la conclusión de que es necesario reducir la cantidad de resina y aumentar la presión.

Siguiendo el mismo proceso de impregnación que el utilizado con el Impreg, pero aumentando la presión, se obtenía una madera impregnada de alta densidad:

La presión normal ejercida al encolar va de 5,25 a 15 kg/cm<sup>2</sup> y da lugar a una compresión que no pasa del 10% del grosor original del contrapeado. Pero si las chapas van impregnadas con resinas sintéticas y luego se prensan bajo presiones de 35 a 140 kg/cm<sup>2</sup>, resulta una compresión considerable, con el correspondiente aumento de densidad.<sup>1722</sup>

El proceso se realizaba de la siguiente manera:

(...) Efectuándose [después de impregnar] al final la compresión. En el momento de fraguar la cola, las presiones alcanzan el valor de 100 a 140 kg/cm<sup>2</sup>. La densidad final que se obtiene es, aproximadamente, de 1,3 a 1,4 cifras prácticamente iguales a las máximas de 1,50 anteriormente citada.<sup>1723</sup>

A este material, del L.P.F.M.<sup>1724</sup> se le denominó: “MADERA COMPREGNADA” o “COMPREG”.

Hacia 1947 existían tres tipos de madera de alta resistencia:<sup>1725</sup>

---

<sup>1721</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 465.

<sup>1722</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 185.

<sup>1723</sup> César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de madera mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 56, Marzo-Abril, 1954, Montes, Madrid, pág. 131.

<sup>1724</sup> Laboratorio de Productos Forestales de Madison.

TIPOS DE MADERA DE ALTA RESISTENCIA	IMPREGNACIÓN-COMPRESION	TIPO DE RESINA	USOS	CHAPAS	PROCESO
	Muy impregnada de resina.	TERMOESTABLE	Componentes de aparatos eléctricos.	Muy delgadas, no pasando de algunos milímetros	- Reducción de humedad hasta el 8%. - Impregnación al vacío con una solución de fenol-formaldehído - Juntado de chapas. - Presión hidráulica.
	Menos resina pero altamente comprimido.		Palos de hélices y otras piezas de aeroplanos.	Chapas más gruesas por la menor penetración	- Unión de chapas y formación del espesor adecuado. - Reducción de humedad: queda entre 1 y 10 % - Aplicación de una capa de resina líquida - Se reemplaza la humedad eliminada. - Presión
	Contenido medio de resinas y alta compresión		Herramientas de prensas...	Chapas más delgadas.	- idéntica a los anteriores pero se usa más resina que en el anterior para que el material sea más duro.

El resultado final puede ser pulimentado en superficie pues la resina aumenta la dureza de la madera.

Resiste a los xilófagos y es un excelente aislante eléctrico.<sup>1726</sup>

Baja absorción de agua.

Exige sierras para trabajos metálicos.

Hacia 1959 productos similares recibían las siguientes denominaciones:

- + PLUSMADERA.
- + CONTRAPEADO SUPERPRENSADO.
- + MADERA MEJORADA.

### 8.6.2 Impregnación con resinas termoplásticas y compresión.

Es un proceso<sup>1727</sup> similar al anterior pero en el que la resina utilizada no es termoestable como la baquelita, sino que se trata de impregnar las

<sup>1725</sup> Información más completa en Paul I. Smith (de "Discovery"), "Maderas de gran resistencia", *Montes*, Año III, nº 14, Marzo-Abril, 1947, Montes, Madrid, Págs. 182-185.

<sup>1726</sup> "Mejoras de propiedades de la madera. Impregnación y compresión", *Montes*, Año IX, nº 54, Nov.-Dic. , 1953, Montes, Madrid, pág. 516

<sup>1727</sup> Información completa de estos procesos en Paul I. Smith, SMITH, Paul I, "Maderas de gran resistencia", *Montes*, Año III, nº 14, edita Montes(Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1947, págs. 183-185.

chapas con una resina termoplástica, no tan quebradiza como las fenólicas. Se obtienen productos como el HYDULIGNUM.

Otra variación con el método anterior es que aquí se hace una doble compresión en planos perpendiculares entre sí, es decir, algo parecido a la madera ortocomprimida. Tiene la ventaja de que al ser termoplástica la resina de impregnación puede volver a reactivarse una vez seca y enfriada, por medio de calor, para volver a comprimirse.

	Material	Adhesivo	Usos	Proceso
HYDULIGNUM	Chapa de madera	Resina termoplástica	- Palas de hélice de aeroplano	- Impregnación de las chapas. - Prensado y aplicación de calor. - 2º prensado y aplicación en dirección perpendicular a la anterior.

Tipos:

- Alta densidad.
- Densidad media
- Densidad variable. (Pueden fabricarse piezas que posean una mayor cantidad de chapas en una zona que en otra, lográndose así mayor densidad en las zonas en que se necesite)

### 8.6.3 Últimos intentos de impregnación y compresión.

Denominada también **madera densificada**.<sup>1728</sup>

Hacia 1986, en Canadá, una empresa privada (Renova Manufacturing Co. Ltd., de Ottawa) junto con el servicio Forestal Canadiense y el Consejo Nacional de Investigación, desarrollaron un proceso de impregnación y compresión con el fin de aprovechar madera como el chopo, el aliso y el álamo que densificándolas lleguen a tener durezas parecidas al nogal, ébano, roble, etc.

Características del producto:

<sup>1728</sup> Acomat, n° 42, Sept-Oct., 1986, Acomat, Madrid, pág.36, sección colaboraciones: “De aquí y de allí”.

- Madera maciza, dura.
- Puede mecanizarse como la madera maciza ordinaria: tablas, tablones, chapas, etc.
- El producto de impregnación modifica permanentemente la estructura molecular.
- Puede curvase durante el proceso.
- Producto estéril completamente.
- Estable dimensionalmente.
- Densidad: 1000 Kg/m<sup>3</sup>
- Proceso:
- La madera se impregna con químicos quedando saturada de producto. Se comprime y posteriormente se seca.
- Se reduce el grosor original en un 40-50 %, manteniéndose largo y ancho.

## 8.7 Madera encolada y comprimida

Otras denominaciones: . **Madera compactada. Madera laminada comprimida. Madera y resinas sintéticas prensadas. LIGNOFOL.**<sup>1729</sup> **JABREC.**

Si a la compresión unimos el sistema de laminación de maderas, obtenemos el **Lignofol**, es decir, una serie de piezas o tableros de láminas de madera comprimida y unidas por resinas sintéticas.

Se parte de chapas de abedul o de haya<sup>1730</sup>, encoladas con resinas sintéticas y prensadas en caliente, cuya disposición de las fibras es paralela, es decir, que todas las fibras permanecen paralelas entre sí y no como en los contrachapados comunes y contrachapados estrellados a los que

---

<sup>1729</sup> Palabra compuesta de *Ligno* (latín: lignum: leño, madera) y de *Fol*, abreviatura inglesa que significa: folio; es decir *madera en folios* o *madera en hojas*, *hojas de madera*. Material patentado y fabricado por la Soc. Av. Dynamit, antes Alfred Nobel und Co., de KoelnTroisdorf.

<sup>1730</sup> Kollmann realizó experimentos con tableros laminados formados por chapas de liquidámbar (*liquidambar styraciflua L.*), en capas paralelas y encoladas con un 18 a 20% de resina de fenol-formaldehído y comprimido durante 10 minutos a 140 Kg/cm<sup>2</sup> de presión y 160° C de temperatura. (Véase Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, M° de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 553). Este sistema se utilizó en la fabricación de tableros laminados PSCH (según DIN 4076) y consiguió densidades de 1400 Kg/m<sup>3</sup>.

también se les aplica este tratamiento cuando se pretende que la pieza ofrezca las mismas resistencias en todas direcciones.

Como puede apreciarse es similar a la madera laminada, lo único que varía es la enorme presión utilizada durante el encolado y fraguado, que hace que las chapas se conviertan en madera comprimida.<sup>1731</sup>

Con este sistema se llega, a veces, a densidades dobles de las maderas originales y las resistencias a flexión, tracción, compresión mejoran notablemente, con respecto a la misma clase de madera natural. También mejora su resistencia a la humedad al tener una admisión muy lenta de humedad, debido a la gran proporción de resina que lleva y a la alta densidad conseguida.<sup>1732</sup>

Según Nájera<sup>1733</sup> las piezas que se fabricaban entonces tenían las siguientes dimensiones:

- 60 x 110 cm.
- 60 x 140 cm.
- Gruesos: de 2 a 80 mm para chapas con fibras en ángulo.
- Las dimensiones normales son de 26 x 58 cm., con gruesos de 1 a 15 cm.

La utilización habitual era para fabricar hélices para aviones, piezas de máquinas textiles, etc.

Otro producto surgido de la exposición londinense es el **Jabrec**, que consiste en varias chapas de madera unida por resinas sintéticas y comprimidas fuertemente. Se usó «para la construcción de herramientas de prensas, templos o instalaciones de ingeniería industrial».<sup>1734</sup>

---

<sup>1731</sup> En la madera laminada ordinaria, las chapas conservan su densidad y, por tanto, su volumen de poros normal.

<sup>1732</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, pág. 442.

<sup>1733</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 106.

<sup>1734</sup> P.W., “Productos de madera artificial”, *Montes*, Año V, nº 27, Mayo-Junio, 1949, Montes, Madrid, pág. 243.

En el año 2000 surge otro producto que utiliza la alta presión: el **Tablero de Aptero**.<sup>1735</sup> es un tablero derivado de la madera fabricado con madera de abeto de Finlandia:

(...) Aptero se ha servido de nuevas técnicas para adaptar la madera de abeto a la producción de muebles duraderos y atractivos. El proceso de endurecimiento de la madera de abeto finlandés se realiza encolando capas de tres milímetros de abeto en el sentido longitudinal bajo alta presión obteniendo un material más duro y más duradero que el inicial. Su aspecto es vivo y original y se emplea como madera sólida.<sup>1736</sup>

Estos taleros pueden tener un grosor de 37 mm.

## 8.8 Modificación química de la madera: materiales compuestos de fibras de madera.

Otras denominaciones: **Composites (compuestos o productos mixtos). Maderas artificiales.**

Los composites son mezclas o combinaciones de índole mecánica, pero a escala macroscópica, de dos o más materiales en estado sólido.

Las características principales de estos materiales son las siguientes: que son insolubles y que poseen una naturaleza química diferente. Dentro de estos materiales, Hawley señala varios tipos importantes, entre otros, como son:

- Los laminados: de papel, tejidos, madera (chapa y una resina termoendurecible).
- Los compuestos de relleno: en los que un material de enlace (resina, aceite, etc.) es cargado con un relleno en forma de copos o pequeñas partículas: aglomerados, linóleo, etc.<sup>1737</sup>

Evidentemente, dentro de los primeros tendríamos a los contrachapados, madera laminada, etc., que se estudian en sus capítulos correspondientes. Dentro de los segundos estudiaremos a uno de los más característicos: el tablero aglomerado de partículas, tableros de fibras, MDF,

---

<sup>1735</sup> Tablero presentado en la Feria Elmia Timber 2000 en Suecia y perteneciente a la empresa finlandesa Aptero Oy, empresa dedicada a la fabricación de muebles.

<sup>1736</sup> Nelly Malmanger, op. cit., págs. 12-13.

<sup>1737</sup> Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 271.

etc., en sus capítulos correspondientes y otros materiales, o más obsoletos o más novedosos que veremos en el capítulo *Otros Productos*.

A principios de siglo se realizan serios intentos por conseguir materiales derivados de la madera, aprovechando la gran cantidad de residuos generados por esa industria.

### **8.8.1 Licuación de la madera.**

Consiste en llevar la madera sólida al estado líquido con el fin de obtener un material susceptible de transformación por moldeo. Según Camuñas<sup>1738</sup> fue un inspector forestal francés llamado M. Gall el que dio los primeros pasos hacia 1901 y aprovechando residuos de madera y otros productos ligno-celulósicos obtuvo un líquido oscuro al que podía añadirse aditivos para mejorar sus cualidades; productos ignífugos, por ejemplo.

### **8.8.2 Madera extrusionada.**

También llamada **Madera artificial**.<sup>1739</sup>

Viene a ser algo similar a una masilla, pues se obtiene de una mezcla de serrín, desperdicios de madera (virutas, astillas, paja de trigo, linaza, ...) etc., caolín y agua, amasados perfectamente con resinas sintéticas y por medio de distintas presiones y temperaturas, se obtenía una masa dura, incombustible con la que se conformaban tableros y que se podía trabajar con las herramientas habituales. Al ser una masa plástica, se podía modelar para obtener todo tipo de productos con multitud de aplicaciones: materiales idóneos para el aislamiento acústico y térmico debido a su porosidad. Dependiendo de la presión ejercida, podían obtenerse materiales mucho más duros y compactos.

Uno de los primeros sistemas fue ideado por el doctor Hamilton, de San Lorenzo (Kansas) y consistía, fundamentalmente, en convertir la paja en hojas de cartón por procesos similares a la fabricación del papel. Luego se

---

<sup>1738</sup> Antonio Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 329.

<sup>1739</sup> Muchos de esos productos fueron presentados en la Exposición organizada por el Consejo de Diseños Industriales de Londres en 1948.

superponían las hojas y se impregnaban en adhesivos que endurecían las fibras. Posteriormente se pasaba todo el conjunto a un tren de laminadores, obteniéndose así, tablonos de 3,70 x 0,80 m de longitud y grosores de 10 a 30 cm.

Otra posibilidad que apunta Nájera es la impregnación del serrín, virutas, etc. con urea y también sometidas a altas temperaturas y presiones que acaba por dar una materia moldeable y parecida a las resinas sintéticas<sup>1740</sup> y, lo que es más importante, que cuando enfría adquiere un peso específico de 1,560, el correspondiente a la materia leñosa de la madera<sup>1741</sup>. Puede convertirse en láminas o productos de moldeo.

Kollmann experimentó y desarrolló un material prácticamente isótropo que consistía en comprimir a 280 Kg/cm<sup>2</sup> y 155° C de temperatura, durante 10 minutos, una mezcla de serrín de madera de arce [hidrolizado por ácidos (contenido de lignina: 39,3%, proporción de lignina soluble a la insoluble: 44,2%)] aglutinado con un 30% de resina fenólica<sup>1742</sup>.

También se usó, en los años 40, la fibra de vidrio para recubrir tableros.

Un producto estrella de esos años y presentado también en la mencionada exposición de Londres, fue el “FIBRENYLE”, empleado en la fabricación del avión Hermes. El material estaba compuesto por fibras vegetales que, mezcladas con resinas sintéticas se convirtió en una masa plástica. Con esa materia se fabricaron desde maletas hasta todo tipo de recipientes.<sup>1743</sup>

En 1993, el FPL de Finlandia también desarrolló métodos con el fin de modificar químicamente la madera y las fibras de la madera con el fin de mejorar su resistencia biológica y propiedades técnicas (estabilidad dimensional), comportamiento a la humedad y moldeabilidad, que a la vez sean respetuosos con el medio ambiente y «desarrollar materiales

---

<sup>1740</sup> Es otro de los productos salidos de los laboratorios de Madison.

<sup>1741</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 124.

<sup>1742</sup> Kollmann, op. cit., pág. 553.

<sup>1743</sup> P.W., op. cit., pág. 243



compuestos por fibras de madera junto con agentes modificadores y aditivos plásticos»<sup>1744</sup>. Sus pretensiones eran conseguir materiales con propiedades hechas a medida y utilizando materiales de desperdicios, reciclados, etc. Los materiales obtenidos son superiores en relación calidad-precio a los materiales comunes que había hasta el momento (1993).

Estos nuevos Composites se fabrican «con un 70% de madera que se puede mecanizar y que tiene las mismas propiedades que la madera maciza, pero presenta la ventaja de poder extrusionarse para conformar cualquier tipo de perfil».<sup>1745</sup>

También se está usando la paja aglutinada con resinas de poliuretano tipo Desmodur (Bayer). Se utiliza ante la falta de recursos madereros. Más ligero que los aglomerados y los tableros de fibras y se mecaniza igual. En esta línea en el año 2000, Valmet Panelboard (Suecia) y Sorn/PrimeBoard (North Dakota-EE.UU.) se unen para desarrollar tableros a base de paja, en un intento por aprovechar este material abandonado después de la cosecha. Según Aitim, el tablero obtenido es resistente a la humedad, fuerte y fácilmente mecanizable por lo que puede aplicarse en multitud de fines.<sup>1746</sup>

Firmas que lo comercializan:

BILLY EKSTRÖM  
Marketing α Sales  
Panelboard Lines  
Fax 46-470742080

Asimismo se fabrican tableros con un mezcla de polvo de madera y resinas fenólicas que son prensadas a unas temperaturas de 180-200° C. Su contenido de aglutinante es del 13%, obteniéndose una densidad de 950

---

<sup>1744</sup> “Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994, pág. 159.

<sup>1745</sup> *Aitim*, nº 194, Julio-Agosto, 1998, Aitim, Madrid, pág. 14.

<sup>1746</sup> “Tecnología en tableros de paja”, *Aitim*, nº 204, Marzo-Abril, 2000, Aitim, Madrid, pág. 11.

Kg/m<sup>3</sup>. Puede manipularse como cualquier tablero y puede recubrirse con todo tipo de materiales.<sup>1747</sup>

Otro producto moldeable consistía en nitrocelulosa (nitrato de celulosa) disuelto con acetonas y como carga harina de madera. Recibía el nombre de “madera plástica”. Lo incluimos en este apartado porque es un composite. Para la madera plástica, en concreto, utilizamos un punto concreto.<sup>1748</sup>

Se fabricaron tableros y todo tipo de materiales “plásticos” (obtenidos por moldeo) utilizando la lignina, extraída de la madera, como aglutinante en combinación de fibras, harinas de madera, serrín, etc. Se le denominó “Plásticos de lignina” y entre ellos estaban:

- La **Hidroxilina** que se utilizaba en polvos de moldeo, en hoja laminada, en forma de tableros duros.
- La **Benalita**: Producto en forma de tablero de la Masonite Corporation. Siendo el primer material plástico fabricado de lignina.<sup>1749</sup>

## 8.9 Mineralización de la madera.

Según Cassinello hay otros tratamientos industriales que tienden a evitar los movimientos higroscópicos de la madera. Uno de ellos es la *mineralización de la madera* (maderas artificiales)<sup>1750</sup>

Hacia 1956, en Francia, se obtuvo una patente que conseguía el envejecimiento artificial y petrificación de la madera por medio de una eliminación de la savia (por medio de presión) y posterior impregnación con cemento magnesiado.

---

<sup>1747</sup> Aitim, n° 195, Septiembre-Octubre, 1998, Aitim, Madrid, pág. 16.

<sup>1748</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959., pág. 535.

<sup>1749</sup> Ídem, págs. 538-539.

<sup>1750</sup> Cassinello, op. cit., pág. 42. [Es posible que se refiera a los tableros de madera-cemento].

## 8.10 Madera estabilizada térmicamente.

Tratamiento muy acorde con estos tiempos de preocupación por el medio ambiente.

Recibe otros nombres como: **Madera “rectificada”. Madera termotratada. Madera estabilizada. Tratamientos de calor susceptibles de modificar la madera. Madera tratada a alta temperatura**

Calentar la madera a altas temperaturas supone el cambio de algunas de sus propiedades físicas y químicas.

Los alemanes intentaron algo parecido con vapor en los años 1974 y en 1983.

Desde 1988 el CTBA de Francia y la Escuela Superior de Minas de St-Etienne están desarrollando un proyecto basado en el calor para poder reducir el “juego” de la madera.<sup>1751</sup> En el año 2000 emplearon este tratamiento madera de fresno en el suelo de la Ópera de Lyon.

En 1993, el Forest Products Laboratory de Finlandia (FPL) realizó numerosos estudios tomando como base tratamientos con calor<sup>1752</sup>. Parte de las conclusiones a las que llegaron ya habían sido observadas y tenidas en cuenta en las<sup>1as</sup> investigaciones encaminadas a modificar / mejorar las propiedades de las maderas. Algunas de estas conclusiones fueron:<sup>1753</sup>

- Reducción de la hinchazón por incremento de humedad. (A veces hasta la mitad que en las mismas especies sin estos tratamientos). Con esto mejora la estabilidad dimensional.
- Aumento de la resistencia biológica a la pudrición, en consecuencia, una mayor durabilidad. Se elimina el

---

<sup>1751</sup> Marco A. González Álvarez, “Madera estabilizada térmicamente”, *Aitim*, nº 194, Julio-Agosto, 1998, Aitim, Madrid, pág. 13. Vid. también “Madera termotratada o rectificada”, *Aitim*, julio-agosto, nº 206, Aitim, Madrid, 2000, pág.16.

<sup>1752</sup> “Finlandia”, Aitim. Boletín de Información Técnica, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994. , pág. 159

<sup>1753</sup> Para más información vid. “Termo T, madera estabilizada”, *Aitim*, nº 195, Septiembre-Octubre, 1998, Aitim, Madrid, pág. 12.

alimento de los xilófagos, con lo que la durabilidad natural queda mejorada.

- Se produce oscurecimiento de la madera. Adquieren un aspecto parecido al de algunas especies tropicales.
- Se corta sin problemas y el serrín producido es más fino.
- Se evaporan las resinas existentes. Al ser lijadas, las lijas duran más al no encontrarse en su camino con estas resinas.
- Su densidad cambia, haciéndose la madera más ligera.
- Estos tratamientos también pueden utilizarse para chapas, fibras y partículas de madera.
- Antes de aplicar uno de estos tratamientos hay que asegurarse de los efectos que va a causar a niveles químicos y estructurales porque van a variar dependiendo de: especie, humedad inicial, duración del tratamiento, etc.
- Se amplían las aplicaciones en el exterior sin tener que utilizar protectores.
- Que la temperatura de plastificación de los componentes de la madera es muy alta: 180° C para la hemicelulosa, 200° C para la lignina y 230° C para la celulosa. Estas temperaturas sobrepasan la temperatura crítica, situada entorno a los 150° C, y que hace que la madera se descomponga (al disminuir la longitud de la cadena de los polímeros) cuando se alcanzan temperaturas superiores a los 150° C. Se produce un envejecimiento de la madera.
- La hemicelulosa es el componente más sensible a esta descomposición y la lignina el que menos.

- También, y según datos del FPL, «la cadena de polímeros produce nuevos enlaces covalentes incrementándose el encadenamiento en la dirección perpendicular a la fibra»<sup>1754</sup>. Esto, junto con la descomposición térmica, hace que las propiedades de la madera que dependen de la humedad cambien y empeoren, como sucede con la flexión, en la que su resistencia puede llegar a reducirse a la mitad, si la sometemos, durante 1-4 horas, a una presión de 8-10 bar y a una temperatura de 180-200° C.<sup>1755</sup>

Antes de emplear estos tratamientos hay que sopesar si interesa la merma de propiedades mecánicas en favor de una mejora en el comportamiento higroscópico.

- Es un producto, que por no utilizar ningún tipo de producto químico o aditivo de la naturaleza que sea, podría ser utilizado en la restauración de piezas de madera, pero hay que tener en cuenta que su color se oscurece, aunque se están llevando a cabo pruebas para que esto no ocurra o aclarar las maderas después del tratamiento.
- Este proceso debe controlarse, tanto en el tratamiento “fuerte” como en el denominado “suave”, ya que en caso contrario se pueden producir muchas pérdidas de material y los rendimientos son muy bajos.<sup>1756</sup>
- Absorbe peor el agua que la madera sin este tratamiento por lo que si se utilizan adhesivos de base acuosa hay que aumentar los tiempos de prensado y secado.<sup>1757</sup>

---

<sup>1754</sup> “Finlandia”, Aitim. Boletín de Información Técnica, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994., pág. 158.

<sup>1755</sup> Ídem, pág. 158.

<sup>1756</sup> Para más información vid. Fernando Peraza, “Stora Enso Entrevista a Päivi Sihvola y Peca Hukkanen de Stora Enso”, *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, 2001, pág. 10.

<sup>1757</sup> Para más información vid. Fernando Peraza, “Stora Enso. Entrevista a Päivi Sihvola y Peca Hukkanen de Stora Enso”, *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, 2001, pág. 10.

- El tratamiento aumenta el precio de la madera en unos 120-160 €/m<sup>3</sup>.

También los EE.UU. se sumaron a estas investigaciones en 1994, pero lo que consiguieron merma considerablemente las propiedades mecánicas de la madera usada.

Industrialmente se comercializa bajo el nombre de:

- ***“Thermo T.”, “Thermo Timber”, Thermotimber o Termo timber*** es un producto de:

- United Sawmills Sepoo.  
Kangas, Kaukas Sawmill.  
Finland.
- Suomen Ekopuu Oy.  
Finland.

- ***Thermowood***: En Finlandia, el producto nacido de VTT (División del Centro para la Investigación Tecnológica de Finlandia) recibe este nombre.

Centro de Investigación: “Tampere University of Technology”.  
Pertti Nieminen  
Fax. + 358 (0)3 365 2884  
Finland

Distribución: “CARELIAN”  
Diagonal 440, 1º 1ª  
08037 Barcelona  
Tel.: 93/415 51 77  
Fax: 93/416-02-3

Producto extendido en el norte de Europa y Francia.

Especies más usuales:

- Coníferas: Pinos, abetos (Douglas), picea, etc.

- Frondosas: Chopo principalmente y, en menor medida, roble, haya, castaño, fresno, eucalipto, etc.<sup>1758</sup>

- **Madera “rectificada” o Termotratada:** La madera es sometida a temperaturas de 200 a 280° C

#### Especies más usuales:

Coníferas: Abetos.

Frondosas: Chopo, haya.

Usos: Mobiliario urbano, muebles de jardín, juegos infantiles, fachadas, es decir, para usos exteriores ya que su durabilidad es mayor que la madera natural.<sup>1759</sup>

También se ha utilizado el calor para eliminar los nemátodos<sup>1760</sup> e insectos que se encuentran en la madera sin que ésta tenga que secarse. El sistema utilizado es la **pasteurización** y fue desarrollado por el Servicio Forestal de Canadá.<sup>1761</sup>

La firma StoraEnso Timber inició en agosto de 2001 la producción de madera termotratada en el aserradero que posee en Kotka, con madera de abeto rojo (*picea Abies*).<sup>1762</sup>

Otra posibilidad surgió de la Feria Ligna 2001 (Hannover) por la empresa Scholz por medio del tratamiento *Menz Holz*, con calor y aceite vegetal puro. Este producto es durable frente a hongos, reduce sus

---

<sup>1758</sup> Según “Madera tratada a alta temperatura”, *Aitim*, n° 201, Sept-Oct, 1999, Aitim, Madrid, pág. 24.

<sup>1759</sup> En la Exposición Internacional de Hannover celebrada en 2000, Finlandia presentó su pabellón revestido con este material (madera tratada a 120-180° C) (“La madera en la arquitectura de la Exposición Internacional de Hannover”, *Aitim*, n° 207, Sept-oct, 2000, Aitim, Madrid, pág. 19).

<sup>1760</sup> Tipo de nematelmintos. Gusanos.

<sup>1761</sup> “Especial Canadá”, Aitim. Boletín de Información Técnica, n° 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., 1993, pág. 89.

<sup>1762</sup> “Madera termotratada de Stora Enso”, *Aitim*, n° 210, marzo-abril, 2001, Aitim, Madrid, pág. 13. También en “Planta de tratamiento térmico de la madera en Kotka”, *Tempus*, n° 1, 2001, editorial Stora Enso, Helsinki, pág. 12.

movimientos con los cambios de humedad y se oscurece con el tratamiento.<sup>1763</sup>

Como es evidente, faltan muchos otros tratamientos que hemos estudiado a parte por considerar que su importancia así lo requería. Entre ellos están: los tableros contrachapados, aglomerados, de fibras, OSB, madera laminada, microlaminada, LVL, etc.

### **8.11 Material de densidad diferencial.**

Es un material formado por chapas de longitudes diferentes de tal manera que hay más chapas en una zona o en otra de la pieza, con lo que se consiguen densidades diferentes en la misma pieza (algo parecido a lo que ocurre con los tableros aglomerados de partículas).

Se colocan las chapas según se necesiten y posteriormente, se encolan y se comprimen en prensas de platos paralelos:

El ensamble resultante, consistente en chapas y cola sintética, es comprimido entre platinas paralelas a un grosor exactamente igual, con el resultado de que se obtiene un material de contrapeado con densidad variable en su longitud. Puede emplearse en hélices de avión.<sup>1764</sup>

---

<sup>1763</sup> Carlos Baso López, “Ligna 2001. Tratamiento de madera sin perjudicar el medio ambiente”, *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, 2001, pág 80.

<sup>1764</sup> Según, A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 187.



## 9 MADERA DE INGENIERÍA.

Otras denominaciones: **Productos de ingeniería. Productos técnicos de madera.**

Son productos nacidos en los EE.UU. para ser usados con fines estructurales.

### Materiales utilizados.

Madera en rollo.

Residuos de otras especies.

Adhesivos sintéticos.

### Productos.

LVL: Chapas encoladas en la misma dirección, Viguetas en doble “T”, Tableros OSB, Contrachapados, PSL (composites como el *Parallam*) y LSL, formados por tiras de madera encoladas entre sí, etc.



Productos comercializados por Maderas Medina, S.A:

De todos ellos vamos a hablar detenidamente dada la gran importancia que actualmente tienen, sobre todo en el sector de la construcción y de la ingeniería. Lo que nos impulsa a estudiar estos materiales prácticamente desconocidos aquí, en España, es la aplicación directa o indirecta que de

ellos podemos hacer, tanto a escala estructural como estética, en relación con nuestros soportes.

#### Características generales.

Al fabricar estos materiales se trata de homogeneizar la materia prima (como en el caso de la madera laminada, contrachapados, aglomerados, etc.) para así eliminar defectos y aumentar resistencias.

En el siguiente cuadro puede verse, comparativamente lo que puede aprovecharse del tronco en el caso de obtener un producto u otro.

Tabla comparativa de aprovechamiento del tronco <sup>1765</sup>	
PRODUCTO	% de aprovechamiento
Madera aserrada (MA)	40
Microllam (LVL) (KERT0)	52
Parallam (PSL)	64
Timber Strand (LSL)	76
Oriented Strand Board (OSB)	90 <sup>1766</sup>

---

<sup>1765</sup> “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, n° 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 42.

<sup>1766</sup> Cifras de la SBA en “Tablero de tiras orientadas”, Structural Board Association (SBA), Washington, U.S.A., 2000.

## Productos derivados de la madera y su terminología.<sup>1767</sup>

Familia	Productos	Subproductos	Denominación inglesa	Acrónimos o siglas más conocidas
Perfiles estructurales de productos derivados de la madera <b>Engineered Wood Products (EWP)</b>	Perfiles estructurales de madera reconstituida.		Structural Composite Lumber	<b>SCL</b>
	Perfiles de madera reconstituida para la construcción. <sup>1768</sup> <b>Construction Strand Lumber (CSL)</b>	Perfiles de madera microlaminada	Laminated Veneer Lumber	<b>LVL</b>
		Perfiles de astillas paralelas <sup>1769</sup>	Parallel Strand Lumber	<b>PSL</b>
			Laminated Strand Lumber	<b>LSL</b>
		Perfiles de astillas orientadas <sup>1770</sup>	Oriented Strand Lumber	<b>OSL</b>
	Viguetas en doble T <sup>1771</sup>		Wood I – Beams (T joist)	<b>I – Beams</b>
			I – Beams (Space Joist)	
Tableros derivados de la madera <b>Wood Based Panels (WBP)</b> <sup>1772</sup>	Unión madera-metal en la formación de viguetas con alma de celosía metálica. (Vigueta <i>Solivide</i> ).		Space Joist	
	Madera laminada encolada		Glued Laminated Timber	<b>Glulam</b>
	Tableros contrachapados		Plywood	
	Tableros de partículas		Particleboards	<b>PB</b>
	Tableros de fibras de densidad media		Medium Density Fiberboard	<b>MDF</b>
	Tableros de Fibras de Alta Densidad		High Density Fiberboard	<b>HDF</b> <b>HFH</b>
	Tableros de fibras duros		Hardfiberboard	<b>HF</b>
	Tablero de Fibras de Baja Densidad		Low Density Fiberboard	
	Tableros de virutas orientadas		Oriented Strand Board	<b>OSB</b>
	Tableros alistonados <sup>1773</sup>		Solid Wood Panels	
	Tablero contrachapado de alma alistonada.			
	Tableros de Madera-cemento <sup>1774</sup>		Cement Panels	

<sup>1767</sup> Información obtenida de “Siglas de productos de madera”, *Aitim*, nº 209, ene-feb, 2001, Aitim, Madrid, págs. 10-11.

<sup>1768</sup> Piezas con formas prismáticas en las que las dimensiones de la sección transversal son pequeñas comparadas con su longitud.

<sup>1769</sup> Perfiles estructurales obtenidos encolando paralelamente entre sí astillas de madera.

<sup>1770</sup> Perfiles estructurales obtenidos encolando astillas de madera siguiendo una orientación predominante.

<sup>1771</sup> Viguetas en doble T obtenidas con productos derivados de la madera.

<sup>1772</sup> No confundir con los tableros resistentes a la intemperie y que tienen las mismas siglas: WBP (Water & Boiled Proof).

<sup>1773</sup> Tableros alistonados de madera maciza.

<sup>1774</sup> Tableros de partículas de madera aglomeradas con cemento.

## 9.1 MADERA MICROLAMINADA.

Otras denominaciones: LVL (Laminated Veneer Lumber). Tablero de chapas laminadas. Madera en chapas laminadas. Tableros microlaminados.. MICROLLAM. MICRO-LAM. KERTO®. Madera de composición estructural (SCL).<sup>1775</sup>

### 9.1.1 Definición.

Piezas de madera laminada a partir de chapas. Todas las chapas tienen la misma dirección de la fibra, es decir, todas son paralelas entre sí. Es producto de ingeniería muy sofisticado

### 9.1.2 Historia.

Comienza su andadura como otros productos derivados de la madera durante la IIª Guerra Mundial, en el campo aeronáutico.

Se desarrollan en los años 50.

Algo parecido se desarrolla, por estas fechas, en la fabricación de puertas y cercos, con el nombre de maderas *superlaminadas*.



Kerto S y Q de FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

A partir de 1970 comenzó a utilizarse en la construcción<sup>1776</sup>.

FinnForest es una filial de Metsä Group de Finlandia y desde 1981 produce el KERTO®<sup>1777</sup>.



Publicidad de las puertas *Record* aparecida en la revista *Montes*, año XVII, nº 99, mayo-junio, 1961.

En EE.UU. existen 16 plantas que

<sup>1775</sup> Nombre común de estos tableros en Norteamérica.

<sup>1776</sup> "Especial Canadá", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993, pág. 113.

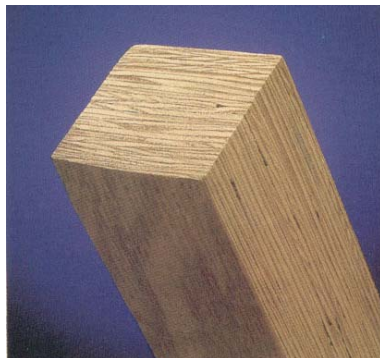
<sup>1777</sup> La planta que fabrica el Kerto® está situada en Lohja, cerca de Helsinki. El grupo también fabrica un excelente contrachapado desde hace muchos años.

producen LVL. En Canadá sólo 3.<sup>1778</sup>

Aquí en España es un producto de incorporación bastante tardía.

Año 2000 FinnForest pone en marcha una fábrica en Lohja.

Primavera de  
de la fábrica de  
grande del mundo.  
en marcha una  
Punkaharju.  
pone en marcha  
en la isla de



LVL.  
Trust Joist MacMillan. *Aitim*  
Canadá, nº 162, 1993.

2001 puesta en marcha  
Roseburg, Oregón, la más  
Verano de 2001 se pone  
fábrica de FinnForest en  
También en este año se  
otra fábrica en Perawang,  
Sumatra, Indonesia.

En el año, 2002, se establecen  
nuevas fábricas en Rusia utilizando *Pinus silvestris* para su elaboración.

### 9.1.3 Características generales.

Se fabrica según la norma internacional ISO 9001.

De estructura homogénea. Es un producto muy estable: «(...) Sus propiedades a la flexión, la tracción y la compresión son extremadamente elevadas y próximas unas de otras, lo que permite la optimización del dimensionamiento de las estructuras. A prestaciones equivalentes, es más ligero que el acero y el hormigón (...)»<sup>1779</sup>



Kerto de FinnForest.  
Cortesía de Maderas  
Medina, S.A.

<sup>1778</sup> “Un gran mercado para el LVL”, *Aitim*, Julio-agosto, nº 206, 2000, Aitim, Madrid, pág.15.

<sup>1779</sup> Para más información vid. literatura técnica “Kerto, una nueva libertad de expresión”, Finnforest, Finland, 2000. Cortesía de Maderas Medina.

## OTRAS CARACTERISTICAS

### Masa volumínica (a un 10% de humedad)

Valor característico .....480 kg/m<sup>3</sup>

Valor medio .....510 kg/m<sup>3</sup>

### Variaciones dimensionales

expresadas en % para una variación de humedad de 1%.

Dirección	KERTO S	KERTO Q
Longitud	0,01	0,01
Anchura	0,32	0,03
Espesor	0,24	0,24

### Resistencia al fuego

Velocidad media de carbonización<sup>3</sup> :  
0.6 mm/min por cara.

<sup>3</sup> Ensayo VTT PAL 1744 del 03.01.84 (Finlandia)

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

### KERTO S

Tensiones (MPa)	Admisible <sup>1</sup>	Características <sup>2</sup>
Compresión axial	20	36
Tracción axial	18	36
Flexión como viga	18 <sup>a</sup>	48
Flexión como panel	25	48
Compresión ⊥ al filo	4	-
// al plano de encolado	-	9
⊥ al plano de encolado	-	6
Cizallamiento // al filo	2,5	6
Cizallamiento ⊥ al filo	1,5	3
Cizallamiento // al plano de encolado	-	1,5
Modulo de Elasticidad (MPa)	Medio <sup>1</sup>	Características <sup>2</sup>
Flexión como viga	13 000 <sup>b</sup>	12 400
Flexión como panel	15 000	12 400
Cizallamiento	(960)	820

<sup>1</sup> Valor CTBA, PV n° CO-8232 del 7/06/82

<sup>a</sup> Para una altura superior a 400 mm

<sup>b</sup> Para una altura superior a 250 mm

<sup>2</sup> Valores VTT para una altura de 300 mm

Características del Kerto según FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina.

Para el **KERTO Q**, los valores admisibles (con excepción del cizallamiento) y los promedios se deben reducir a prorrata de número de chapas trabajando.

Su resistencia es mucho mayor que la madera maciza en escuadrías similares.

Una de las más importantes propiedades de este material es que es más estable a la humedad que la madera maciza pues sus movimientos son menores, ya que las chapas siguen toda la misma dirección y su escaso grosor minimiza estos movimientos higroscópicos, es decir, es más estable dimensionalmente.

### TRES SECCIONES DE IGUAL CAPACIDAD DE RESISTENCIA EN FLEXIÓN.



Kerto, resistencia según FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina.

Otra cuestión es que, como ocurre con otros productos obtenidos por laminación, pueden reducirse o eliminarse los problemas surgidos por nudos, fendas, bolsas de resina, etc.

Puede cortarse a cualquier tamaño requerido, trabajándose igual que la madera maciza, pero con la ventaja de la exactitud de medidas y la rectitud.

Ofrece una espléndida alternativa a la madera maciza:

(...) LVL offers a practical alternative. As Coutts [Bob Coutts] puts it: “If you want a beam 4 feet deep, instead of waiting for a 100-year old tree you can make the beam. It can be as wide as a piece of plywood and any length”.<sup>1780</sup>

<b>Características físicas</b> <sup>1781</sup>	
Densidad media	650 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad	7 – 8%
Grosor	44 mm
Longitud	2400 mm
Ancho	1200 mm

Al LVL podemos organizarlo en dos categorías:

- Estructural: vigas, viguetas, alas de viguetas, etc.
- No estructural o clase mezclada: perfiles, cercos, escaleras, etc.

#### **9.1.4 Materiales.**

##### **9.1.4.1 Especies de madera.**

Se obtiene exclusivamente de madera de bosques controlados.

Chapas de madera gruesas de desenrollo obtenidas de árboles de pequeños. Pueden ser incluso de maderas baratas. Suelen ser coníferas, pero si se aplica en la construcción de muebles pueden usarse también frondosas<sup>1782</sup> Puede utilizarse una o varias especies



Almacenaje de maderas.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

<sup>1780</sup> Bob Coutts, “Reconstituted products from Gippsland eucalyptus”, *Onwood*, Summer 1998-99, n° 23, CSIRO Forestry & Forest Products, Australia, pág 3.

<sup>1781</sup> Información técnica en “Microllam”, Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.

<sup>1782</sup> Por ejemplo la fábrica de Perawang utiliza trozas de frondosas de 40-50 cm de diámetro (“El LVL sigue creciendo”, *Aitim*, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 55).



vegetales en la misma pieza.

El Southern Yellow pine. Es habitual utilizar el chopo para viguetas en forjados. Forintek realizó estudios para fabricarlo mezclando frondosas canadienses. Pero armando adecuadamente las chapas para que no se produjeran deslaminaciones ni deformaciones de ningún tipo.<sup>1783</sup> También usaron con éxito especies como spruce, Larch (alerce), pine, Southern Yellow Pine (pino amarillo del sur) y Douglas fir (pino Oregón). Especies distintas de las usadas en EE.UU. para el mismo fin.

En el caso del Kerto® la especie utilizada es el abeto del norte. La chapa con la que se fabrica se obtiene por desenrollo y tienen un espesor de unos 3 mm, pero pueden oscilar entre 2,5 a 4,8 mm. Se respeta la dirección paralela de la veta.

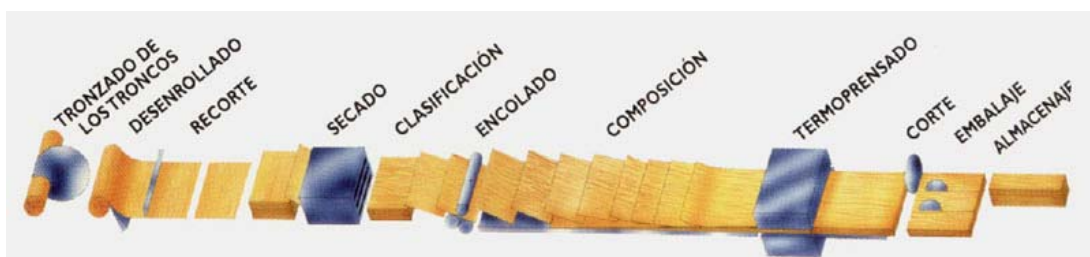
En el caso del LVL también hay experiencias con madera de roble.

#### 9.1.4.2 Adhesivos utilizados.

Normalmente adhesivos estructurales de uso exterior, termoendurecibles como los de fenol-formaldehído, por medio de altas presiones y calor.

#### 9.1.5 Línea de Fabricación.<sup>1784</sup>

El material se obtiene de chapas de desenrollo obtenidas de trozas de una longitud, por ejemplo, de 6 pies (1,83 m).



Proceso de fabricación del Kerto de FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

<sup>1783</sup> Según “Especial Canadá”, Aitim. Boletín de Información Técnica, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 96.

<sup>1784</sup> Tomamos los datos de la línea de fabricación de las nuevas factorías construidas en Rusia este año. Esta información está disponible en “El LVL sigue creciendo”, Aitim, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 54.





Almacenaje de troncos de FinnForest. Finlandia.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

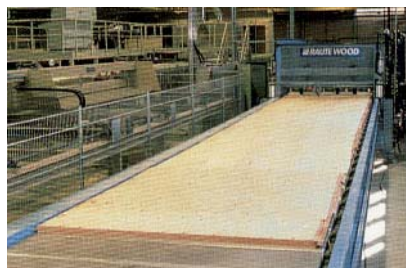
Las chapas se cortan a un tamaño de 6 x 6 pies, aunque, por ejemplo la fábrica de FinnForest Punkaharju utiliza chapa de 8 x 8 pies (2,44 x 2,44 m). También son comunes anchuras de 600 a 1200mm.

Tienen un espesor de 2 a 6 mm.

Se eliminan los defectos y las mejores chapas se colocan en las caras.

Secado de las chapas.

Se unen las chapas por medio de encolado (resistente a la humedad y con un gramaje entre 100 y 300 g/m<sup>2</sup>), tomando todas las chapas la misma dirección (longitudinal)<sup>1785</sup>. Dichas uniones (acoplamientos) son biseladas y se disponen de manera tal que no coincidan con las uniones que tengan por arriba o por abajo.



Salida del Kerto, de FinnForest, del termoprensado.  
Cortesía de Maderas Medina.

También puede fabricarse LVL cruzado.

Se secan hasta un contenido de humedad apropiado.

Se montan, hasta formar el grosor buscado, manteniendo la misma dirección de las fibras, formando un tablero continuo.

Pasa de la pre-prensa y la sierra cortadora a la prensa caliente de 6 x 60 pies (también las hay de 8 x 80 pies en Finlandia, de 4 x 90 pies en Roseburg, Oregón, de 6 x 62 en Perawang). Se presan con calor hasta finalizar el fraguado.

Por último el tablero se corta a la medida requerida.



Transporte del Kerto de FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

<sup>1785</sup> Aunque se puede aumentar la rigidez transversal (como ocurría con los tableros laminados) intercalando láminas en dirección perpendicular.

### 9.1.6 Clasificación.

Se clasifica (el LVL) en función de sus características técnicas, del adhesivo y del tipo de chapa exterior:

- Estructural: con altas resistencias. Empleado en la construcción.
- No estructural: Cuando se utiliza en mobiliario.

Tipos de material comercializado, en el caso del Kerto:

Kerto S<sup>®</sup>: Cuando las fibras de todas las chapas están en la misma dirección. Correspondería al LVL estándar.

Kerto Q<sup>®</sup>: Cuando contiene algunas chapas a 90°. Esto hace que aumente su estabilidad dimensional, pareciéndose más a un contrachapado.  
Correspondería al *Partially Cross Veneered LVL*.



Microllam.  
Cortesía de maderas Medina, S.A.

### 9.1.7 Dimensiones del producto.<sup>1786</sup>

#### ***Del Microllam:***

- Longitud: Hasta 24 metros. (Limitaciones de transporte). Pueden obtenerse estas longitudes por lo original de su fabricación, las juntas biseladas y la unión de las chapas por sus caras
- Otros tamaños habituales: 14,6; 17; 18,3 y 20,1 m.
- N° habitual de láminas que lo componen: entre 12 y 16.
- Anchura: De 610 mm a 1220 mm. Se puede llegar hasta 2500 mm

<sup>1786</sup> Según “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, n° 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 40 y *Aitim* Canadá n° 162, 1993, Aitim, Madrid, pág. 114.

- Grosor:
  - De la pieza: De 19 mm a 64
  - De las chapas: De 2,5 a 4,8 mm. Muy habituales son las de 3,2 mm.

**En el caso del Kerto®:**

Dimensiones generales del Kerto®	
Longitud	2,40 a 26 m
Anchura	100 a 1800 mm
Grosor	27 a 75 mm

KERTO TIPO	Espesor (mm)	Anchura (mm)								
		200	225	260	300	360	400	450	500	600
S-Q	27	●	●							
S-Q	33	●	●	●						
S	36	●	●	●	●	●				
S-Q	39	●	●	●	●					
S-Q	45	●	●	●	●	●				
S-Q	51	●	●	●	●	●	●			
S-Q	57	●	●	●	●	●	●	●		
S-Q	63	●	●	●	●	●	●	●	●	
Q	69	●	●	●	●	●	●	●	●	●
S	75	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Dimensiones estándar del Kerto S® y del Kerto Q® según FinnForest y por cortesía de Maderas Medina.



Kerto de FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

**En el caso del LVL:<sup>1787</sup>**

- Longitud: hasta 25 m.
- Anchura: de 100 mm a 2000 mm.
- Grosor: De 21 a 75 mm (aunque se puede llegar hasta 150 mm).
- En fábricas como la de Perawag pueden llegarse



Estadio cubierto en Finlandia por FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina.

<sup>1787</sup> “El LVL sigue creciendo”, *Aitim*, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 54.

a utilizar hasta 125 medidas diferentes de producto según necesidades.

### 9.1.8 Usos.

Vigas y viguetas de doble “T” (I-joist). Encofrados, etc.

Sus aplicaciones no estructurales están todavía por explotar. Este punto es el que nos interesa a nosotros, pues a niveles estéticos y resistentes puede aportar mucho como soporte artístico.



Bóveda tridimensional de la Iglesia de Alem, fabricada con Kerto de FinnForest.  
Cortesía de Maderas Medina.

En el campo del mobiliario se ha hecho muy popular en Japón por la «carencia de la materia prima y las restricciones a la explotación de bosques».<sup>1788</sup>

En Indonesia, por ejemplo, se utiliza mucho el LVL de frondosas para la fabricación de cercos para puertas, ventanas, escaleras, etc.

## 9.2 VIGUETAS DE DOBLE “T”.

También denominadas **VIGUETA TJI. WOOD I-Joists**.

### 9.2.1 Definición.

Es un material de naturaleza mixta ya que se compone de materiales de distinta naturaleza, según se trate del alma o de las alas (lados o aletas)<sup>1789</sup>.

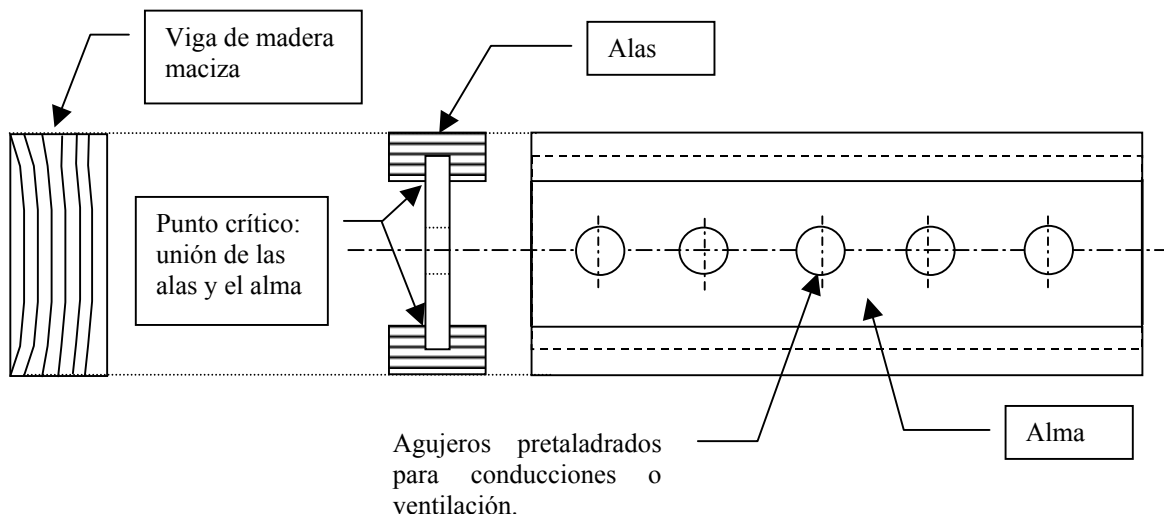
A estas alas, cuando se trata de vigas en “T” o en “doble T”, se les denomina “cabeza superior e inferior del perfil”<sup>1790</sup>

---

<sup>1788</sup> Ídem, pág. 54.

<sup>1789</sup> En inglés se le denomina “flange”.

<sup>1790</sup> R.E. Putnam et al., op. cit., pág.



Ese pretaladrado se localiza dentro de la viga de manera que no realice ninguna función de resistencia:

(...) Most joists are supplied with knockout ports for the installation of electrical or heating systems. These ports are located within the joists so as not effect strength performance.<sup>1791</sup>

### 9.2.2 Características.

Menor peso que las piezas de madera maciza de igual escuadría.

Menores movimientos higroscópicos.

Menor precio que la madera maciza.

Estas vigas pueden cortarse perfectamente en el sitio de trabajo.

### 9.2.3 Materiales.

Alma: compuesta habitualmente por contrachapados y tableros tipo OSB.

En las alas suele utilizarse la madera maciza o el LVL de 44 mm de grosor.

Suele distribuirse con las siguientes dimensiones:<sup>1792</sup>

<sup>1791</sup> "OSB in wood frame construction", Estructural Board Association (SBA), canadian edition, Willowdale, Ontario, Canada, 2000, pág. 22.

<sup>1792</sup> Información técnica en "TJI", Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.

<b>Vigueta en doble “T”</b>	
Ancho (mm)	Longitud (m)
25/302	6 y 12
25/241	6 y 12

#### **9.2.4 Normas.**

- ASTM Standard D-5055.
- CSA Standard CSA O86.1.

### 9.3 MADERA LAMINADA.

Otras denominaciones: **Madera laminada<sup>1793</sup> encolada (m.l.e.)**  
**Madera encolada. Madera reestructurada y unificada por colas.<sup>1794</sup>**  
**Glued laminated timber. Glulam.**

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE-EN 386:1995. *Madera laminada encolada. Especificaciones y requisitos de fabricación.*
- UNE-ENV 387:1999. *Madera laminada encolada. Uniones dentadas de gran dimensión. Especificación y requisitos mínimos de fabricación.*
- UNE-EN 390:1995. *Madera laminada encolada. Dimensiones y tolerancias.*
- UNE-EN 391:1995. *Madera laminada encolada. Ensayo de delaminación de las líneas de adhesivo.*
- UNE-EN 392:1995. *Madera laminada encolada. Ensayo de esfuerzo cortante en líneas de adhesivo.*
- UNE-EN 408:1996. *Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.*
- UNE-EN 1193:1998. *Estructuras de madera. Madera estructural y madera laminada encolada. Determinación de la resistencia al esfuerzo cortante y de las propiedades mecánicas en dirección perpendicular a la fibra.*
- UNE-EN 1194:1999. *Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Clases resistentes y determinación de los valores característicos.*

Es de los productos de ingeniería más antiguo.

Este material consigue vigas de 30 m frente a la madera maciza que, pasando de los 8 m, son difíciles de conseguir a precios razonables.<sup>1795</sup>

---

<sup>1793</sup> Durante el presente capítulo los términos tabla y lámina los vamos a usar como sinónimos ya que así son denominadas en la industria.

<sup>1794</sup> Término acuñado por Andrés Merino (director), op, cit., pág. 12., pero que es aplicable a casi todo tipo de productos derivados de la madera en los que utilicen chapas o tablas encoladas entre sí.

<sup>1795</sup> “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, n° 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 41.

<b>Madera laminada</b> <sup>1796</sup>			
<b>Ancho x grueso (mm)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Lamas</b>	
		<b>Nº de ellas</b>	<b>Grosor de cada una (cm)</b>
80 x 160	13,50	4	4
100 x 200	13,50	5	4
100 x 160	13,50	4	4
120 x 240	13,50	6	4
120 x 320	13,50	8	4
160 x 400	13,50	10	4

<b>Madera laminada Vilma</b> <sup>1797</sup>			
<b>Ancho x grueso (mm)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Lamas</b>	
		<b>Nº de ellas</b>	<b>Grosor de cada una (cm)</b>
80 x 140	13,50	2	7
10 x 180	13,50	2	9

### 9.3.1 Definición.<sup>1798</sup>

Se trata de un material compuesto, derivado de la madera y que ha sido definido de la siguiente manera:

(...) toda pieza recta o curvada, obtenida a partir de piezas menores en forma de tablas o tablillas encoladas en capas sucesivas en las tres direcciones, de tal forma que las fibras de todas las piezas sean paralelas entre sí, y a la dirección longitudinal de la pieza, predominando una dimensión en relación con las dos restantes.<sup>1799</sup>

<sup>1796</sup> Dimensiones que comercializa Maderas Medina, S.A.

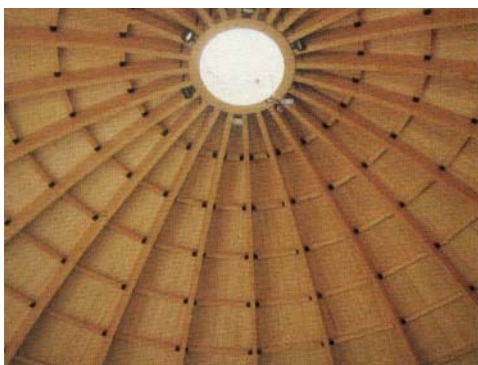
<sup>1797</sup> Ídem.

<sup>1798</sup> Ha variado con el paso del tiempo, puesto que los materiales y necesidades han ido modificándose. Una definición que hemos encontrado, de 1945, la define como “(...)a la madera maciza (normalmente de un grosor de mas de ½ pulgada) compuesta de hojas encoladas y cuyas fibras van en el mismo sentido”, en “Colas modernas y su aplicación a la madera laminada”, *Montes*, año I, nº 2, Marzo-Abril, 1945, pág. 69.

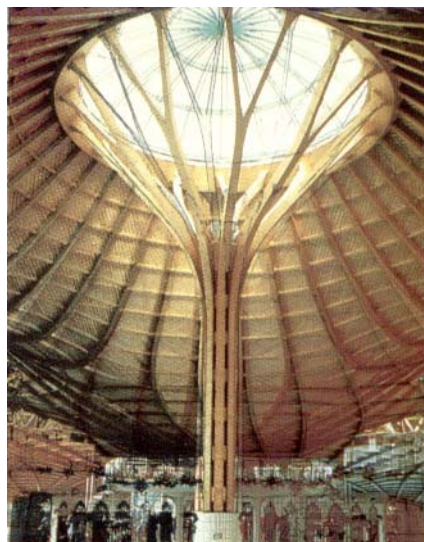
<sup>1799</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 9.



Componer este material de esta manera entraña modificar una de sus características fundamentales que es su anisotropía.<sup>1800</sup> Con este sistema obtenemos un producto prácticamente isótropo, es decir, que su comportamiento y características van a ser casi las mismas en los tres planos o direcciones. Conseguiremos, además, los espesores, anchuras y longitudes deseadas.<sup>1801</sup>



Estructuras en madera laminada.  
Cortesía de Finnish Timber  
Council Metsäntuottajat Oy.  
Finlandia.



El interés que suscita en nosotros la madera laminada no es otra cosa que lo ingenioso de su concepción que permite la construcción de piezas que de otro modo hubieran sido impensables, debido a sus dimensiones, formas, grosores, etc. Podemos tomar este capítulo como una pequeña introducción que nos ayude a entender mejor a otro material como la madera microlaminada y ciertos aspectos, que a continuación vamos a comentar, que nos puedan resultar útiles en la búsqueda de soluciones.

---

<sup>1800</sup> Ya se comentó que ello se debe a la disposición de sus fibras, que formando haces tubulares se orientan en una dirección fundamentalmente, aunque también comentamos que existen fibras que se orientan perpendicularmente a aquellas (radios). «(...) Venían, desde hace tiempo, estudiándose con objeto de lograr una mejora cada vez más eficaz de las características físico-mecánicas de la madera. (...) Dichos procedimientos pueden considerarse divididos en dos grandes grupos, según se conserve o modifique, mediante la acción de grandes presiones, la estructura de la madera: En el primer grupo la madera laminada y en el segundo las maderas comprimidas en sus diferentes manufacturas» (*Nájera y Angulo, La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944, pág. 97).

<sup>1801</sup> “Como no hay dos piezas de madera con dirección de fibras idéntica, resulta forzosamente que las fibras de los distintos hojales superpuestos se cruzan, con lo cual la construcción compuesta de madera laminada resulta más fuerte que la madera maciza (...)” (Montes, año I, nº2, Marzo-Abril, 1945, Montes, Madrid, pág. 69).

De ella sólo vamos a tratar ciertos asuntos relacionados con los criterios que llevarán a su realización, dado que, en principio, es un material que por sus escuadrías es usado prácticamente en su totalidad en la construcción.

Otro punto importante es el aprovechamiento de materiales de pequeñas escuadrías para conseguir otros de escuadrías infinitamente superiores, sin riesgos en disminución de resistencias, entre otras cosas y mejorando en calidad y prestaciones a la misma madera.

También importante es la posibilidad de utilizar piezas o trozos de piezas o sobrantes, para construir tableros alistonados aunque con una orientación de los anillos que componen sus tablas, poco deseable.<sup>1802</sup>

El concepto que llevó a su invención y a su sistema de fabricación puede adaptarse a escuadrías menores<sup>1803</sup>, pudiendo ser aprovechada en las BB.AA. para la construcción de bastidores o refuerzos de grandes dimensiones, material para tallas escultóricas, para instalaciones<sup>1804</sup>, etc.

Actualmente tiene eco en los perfiles laminados usados en carpintería, principalmente de puertas y ventanas.

Los criterios de realización desembocan en la fabricación de la **madera microlaminada** y estos **perfiles laminados** que, realmente, son los productos con los que podremos trabajar más cómodamente y realizar soportes portátiles, debido a las escuadrías que utilizan y que están más próximas a nosotros que las de la propia madera laminada.

Las ventajas obtenidas (sobre la madera natural) son muchas y de ello nace, como dijimos, nuestro interés por este material.

---

<sup>1802</sup> Se hablará más extensamente de este punto en el capítulo correspondiente a la utilización u optimización de materiales derivados de la madera en la fabricación de soportes artísticos. También pueden verse los capítulos correspondientes a los tableros alistonados y los de alma enlistonada.

<sup>1803</sup> Hablamos, claro está, de la *madera microlaminada*.

<sup>1804</sup> Aquí, tanto la madera laminada, como la microlaminada pueden adaptarse a la talla en madera y a todo tipo de instalaciones.

Arredondo enumera cinco de las ventajas más importantes de este material que nosotros, a continuación, pasamos a transcribir, por considerarlas de máximo interés:

Una de ellas es la de poder dar a determinados elementos estructurales unas dimensiones que no podían conseguirse con madera natural.

Pero aún mayor es la ventaja de poder curvar, con radios relativamente pequeños, piezas delgadas de madera que al unirse por medio del adhesivo forman elementos curvos de suficiente resistencia y rigidez.

Por otra parte, puede reducirse mucho la importancia de los defectos que pueda presentar una madera mediante una adecuada colocación de las distintas piezas.

El movimiento de la madera laminada, debido a los cambios de humedad, es prácticamente nulo.

Las resistencias mecánicas son mayores que las de la madera natural, y la densidad aumenta en un 45-50% con relación a la madera de la que procede.<sup>1805</sup>

Extrapolando estas ventajas de su aplicación en la construcción podemos determinar lo siguiente:

- 1) Dada su forma de fabricación, podemos obtener longitudes de listón<sup>1806</sup> que no son habituales en el comercio y con ello aumentar el formato de nuestros soportes, abriendo la posibilidad de realizar gigantescos murales<sup>1807</sup> o soportes portátiles.<sup>1808</sup>

---

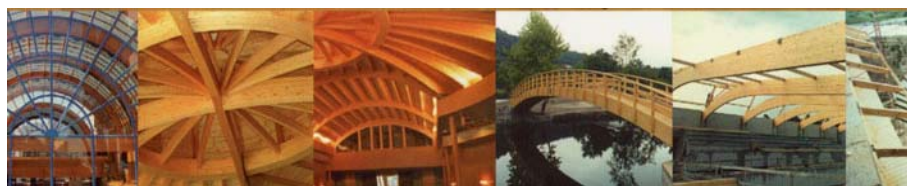
<sup>1805</sup> Arredondo y Verdú, Arredondo y Verdú, Fco, Estudio de materiales, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983., pág. 990. Puede consultarse también el artículo de Enrique Nuere Matauco y Roberto de Guezala Portillo, "Estructura de madera laminada", CIC Información (Centro Informativo de la Construcción), Revista de la Construcción, nº 293, septiembre 2, 1996, págs. 58-60.

<sup>1806</sup> Hablamos sólo de longitudes porque las escuadrías con las que contamos en el mercado son suficientes para el tipo de soporte empleado en BB.AA. Listones de grosores y anchuras enormes serían imposibles de utilizar sin maquinaria de gran tonelaje y eso no resulta ni operativo, ni práctico, ni económico en un taller corriente. Podría ser útil, como ya mencionamos, para piezas escultóricas de cualquier tamaño, siempre y cuando interese la especie vegetal con la que está hecha la pieza de madera laminada que utilicemos. Realmente el sistema de fabricación utilizado es el mismo (encolado) que el que se suele usar en la talla en madera cuando las piezas no tienen la escuadría suficiente y hay que proceder a encolar varias para obtener el formato adecuado.

<sup>1807</sup> Nos referimos a la realización de la estructura (portátil, se entiende) que sustenta los paneles sobre los que se realizarán los murales.

<sup>1808</sup> Portátil, tanto en cuanto existan los medios de transporte adecuados, aunque las escuadrías que se pueden conseguir actualmente son gigantescas en relación con los soportes que podamos usar nosotros y para ellas existen medios de transporte que aseguran su distribución. Tengamos en cuenta que estas escuadrías son enormes porque se destinan a la construcción y muy especialmente a las estructuras de cubierta.

- 2) Poder escapar de los formatos estandarizados, en cuanto a bastidores se refiere, y abrir nuevas posibilidades de formatos de grandes superficies curvas realizadas íntegramente con madera.
- 3) Como podemos organizar las piezas según nos convenga, minimizaremos los defectos por medio de una adecuada colocación de los mismos y así aprovechar materiales que de otra manera habría que desecharlos (nudos, fendas, etc.)<sup>1809</sup>
- 4) Si los movimientos ante la humedad son prácticamente nulos, estaremos dotando a nuestro soporte de una estabilidad prácticamente total.
- 5) Ganamos en densidad ( $500 \text{ Kg/m}^3$ ), lógicamente por la incorporación de los adhesivos y, además, por la configuración de



Estructuras en madera laminada.

Cortesía de Laminados de Madera del Noroeste (Laminor, S.A.)

este material aumentan las resistencias mecánicas, con lo cual se asegura más aún su estabilidad futura. Pero, según esa densidad, no deja de ser un material ligero.

### 9.3.2 Antecedentes históricos. (Laminado vertical/laminado horizontal.)

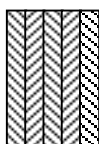
El primer antecedente de la madera laminada podemos encontrarlo ya en el siglo XVI, de la mano de Philibert Delorme<sup>1810</sup> (1510,1515 – 1570), considerado el principal arquitecto del Renacimiento francés. Este arquitecto llevó a cabo un invento absolutamente revolucionario ante la escasez de

<sup>1809</sup> Vid. César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, n° 56, Marzo-Abril, 1954, pág. 130.

<sup>1810</sup> Arquitecto del rey Francisco I, de Francia, quien le nombra *visitador* de los fuertes de Bretaña, encargándole asimismo, la construcción de los edificios reales. Sus proyectos principales fueron el Palacio de las Tullerías y el castillo de Anet (su obra maestra). Publicó varias obras entre las que destacan: *Nuevas invenciones para construir bien y barato* (1561) y *El primer tomo de la arquitectura* (1567).

madera de grandes longitudes. Pero parece haber indicios de que las colas fueron usadas para unir dos tablones, que formaban las vigas de carga que apoyaban en las zapatas de las columnas, de la Sala de las Cien Columnas, del palacio de Persépolis.<sup>1811</sup>

La invención consistía en unir, mediante clavado, tablas de pequeñas escuadrías para formar piezas (arcos, por ejemplo) de escuadrías impensables en esa época y, además, de madera maciza. Dichas tablas fueron utilizadas de forma canteada.



Yuxtaposición.

Técnicamente a este tipo de madera se le denomina madera de “laminado vertical” y se la debe considerar como si de madera aserrada (maciza o natural) se tratara.

Hacia 1825, el coronel Emy, siendo director de las fortificaciones de Bayona construye un edificio militar y se inspira en lo hecho por Delorme, pero su sistema difiere al superponer las tablas mediante acoplamientos de cara, aumentando así el canto del listón o de la tabla final. Por todo lo dicho, la ubicación de las mismas es en sentido horizontal (laminado horizontal) y la unión de todas ellas se produce por medio de elementos metálicos tales como pernos.<sup>1812</sup>



Superposición.

---

<sup>1811</sup> Justo García Navarro y Eduardo de la Peña Pareja, “Breve historia de la madera en la construcción (I). De la prehistoria a Grecia”, *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, 2001, pág. 74. Ortega Andrade concluye que en esa zona (Mesopotamia y Persia) comenzó el encolado de la madera entre los años 300-600 de nuestra era (Ortega Andrade, *Historia de la construcción I*, Universidad de las Palmas, Las palmas de Gran Canaria, 1993, pág. 15).

<sup>1812</sup> Aquí ya puede hablarse de madera laminada, aunque la sujeción de las láminas no se realice todavía con adhesivos. Puede consultarse Justo García Navarro y Eduardo de la Peña Pareja, “Breve historia de la madera en la construcción (III). De la construcción oriental al siglo XIX”, *Aitim*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, págs. 75-76.

Ya en 1906 un carpintero suizo, llamado Otto Hetzer, retoma la investigación y da *casi* el salto definitivo, al emplear colas de caseína<sup>1813</sup> en sustitución de las anteriores fijaciones metálicas.<sup>1814</sup>

Finalmente, en las décadas de 1930 y 1940, con el desarrollo de nuevos adhesivos de gran estabilidad físico-química y resistentes a la humedad<sup>1815</sup>, sistemas de encolado mejores y maquinaria apropiada, se mejoran las condiciones de exposición a la intemperie, y las



Estructura en madera laminada.  
Cortesía de Paul Gauthier, S.A.

estructuras fabricadas pueden utilizarse en ambientes exteriores e interiores húmedos.<sup>1816</sup>

Las Fuerzas Armadas Norteamericanas la utilizaron durante la IIª Guerra mundial para construir campamentos. Los agricultores para enseres de todo tipo, para cuadras etc. Como traviesas para el ferrocarril, embarcaciones, chasis de camiones, aviones pequeños, etc.

Entre los primeros fabricantes europeos se encuentra la firma Gauthier, S.A., que en 1953 comienza su producción.

En España el primer arco (de construcción) realizado con madera laminada (chopo y plátano) se presentó en la Feria Internacional de Muestras de Valencia en 1958.

---

<sup>1813</sup> Dado que las colas más usadas en el momento: cola de carpintero o cola fuerte (de origen animal) y colas de origen vegetal no eran resistentes a los cambios de humedad.

<sup>1814</sup> Se produce un gran adelanto pues todas las tablas actúan como una sola al estar encoladas entre sí, creándose un material derivado de la madera pero más estable, resistente e isótropo que la madera de la que procede.

<sup>1815</sup> Como son las colas de fenol-formaldehído y de urea-formaldehído.

<sup>1816</sup> Información pormenorizada de los antecedentes históricos que llevaron a la fabricación de la madera laminada encolada en Andrés Merino (director), op. cit., págs. 9-11.

### 9.3.3 Materiales.

#### 9.3.3.1 Madera.

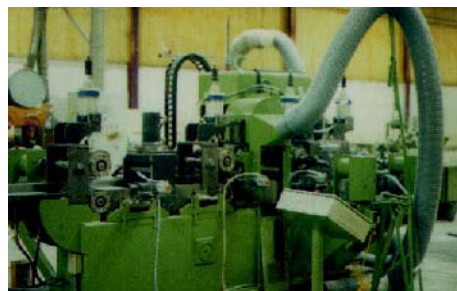
Véase la norma UNE-EN 386 *Madera laminada encolada: requisitos de fabricación. Especificaciones y requisitos mínimos de fabricación.*

Las especies utilizadas más profusamente en Europa son: Pino rojo<sup>1817</sup> y abeto,<sup>1818</sup> aunque existen otras experiencias.<sup>1819</sup>

Suelen encolarse láminas de la misma especie entre sí,<sup>1820</sup> esto es lógico ya que de lo que se trata es de uniformar las características del material para prever su comportamiento. Esto se logra utilizando todas las láminas de la misma especie.

Los principales productores de madera se encuentran en el norte y este de Europa (sobre todo en la zona del Mar Báltico): Finlandia, Suecia, Noruega, Rusia, Estonia y Letonia.

El hecho de preferir la madera de estas zonas deriva del lento crecimiento que se produce en estas latitudes a causa del frío reinante. El grano que se produce



Maquinaria.  
Cortesía de Laminados de Madera del  
Noroeste (Laminor, S.A.)

<sup>1817</sup> Pertenece a la especie *Pinus silvestris*. También denominado pino silvestre, pino Valsain, pino de Soria. Especie que se da muy bien en Finlandia, Rusia, Suecia. En España son excelentes los del pinar de Valsain y los de Soria. En la década de 1940 se utilizaba *Pinus Palustris*, por su rápido crecimiento

<sup>1818</sup> Pertenece a la especie *Picea Abies*, que con el pino silvestre son las dos especies más utilizadas. También procede de zonas frías como Finlandia y Suecia.

<sup>1819</sup> Se han realizado experiencias con otras especies como el pino insignis (*Pinus Radiata*) del País Vasco, el pino gallego, pino de Las Landas o Pin Maritime (*Pinus Pinaster*), el Douglas Fir-Larch, que es una combinación del pino Oregón y del alerce y el Hem-Fir, que es una combinación, a su vez, del Western Hemlock y Douglas Fir. (*Guía de la madera*, pág. 398). A veces también se ha utilizado Tsuga, alerces, cedros, secoyas, etc. También el pino cembro de Siberia. (Hugh Johnson, op. cit., págs. 76-78). En los Años 50 se usaba roble blanco para piezas laminadas para barcos (en EE.UU.), como las quillas (encoladas con resinas de resorcina y fenol). También fueron usadas otras especies como «pino del sur, Douglas Fir, ciprés, cedro Port Oxford, cedro Alaska y el eucalipto Ironbark, de Australia, se emplea para barcos que navegan en las regiones árticas y antárticas». (“La madera empleada en la construcción de pequeños barcos de la Marina y para barcos salvavidas”, *Montes*, año VIII, nº 47, Sept-Oct, 1952, pág. 373-374.)

En España, en 1958, también hay experiencias con madera de coral y haya.

<sup>1820</sup> Aunque pueden hacerse otras combinaciones de distintas especies en función de lo que se quiera.

es muy apretado, apreciándose anillos anuales de escaso grosor. Esto se traduce en un excelente comportamiento posterior de la madera obtenida de esos bosques<sup>1821</sup>.

### 9.3.3.2 Adhesivos.

Véase la norma

- UNE-EN 301 y 302. *Adhesivos fenólicos y Aminoplásticos para uso en estructuras. Clasificación y especificaciones.*

Este punto será ampliado convenientemente en el capítulo referido a adhesivos.

En esta industria se estuvo trabajando durante muchos años con un adhesivo casi en exclusividad: la cola de resorcina-fenol-formaldehído (RFF)<sup>1822</sup>. Pero desde los años 20 la casa Hetzer de Weimar las fabricaba con colas de caseína.

Los certificados de homologación de estas resinas son:

- CTABA (Carpintería nº42.51.64.4C del 7/6/1989).
- AFNOR-NF b 54 154 encolado tipo 4.
- Instituto Otto Graf Din 68705 4 encolado tipo 4.
- BS 1203 y BS 1204 – encolado WBP.

Esto ha cambiado con la incorporación otra “resina fortificada” con la que comparte protagonismo, y es la resina de melamina-urea-formaldehído (MUF). Otro adhesivo se usa, en menor proporción y para usos interiores, la resina de urea-formaldehído (UF).<sup>1823</sup>

Contabilizamos pues tres tipos de adhesivos. La utilización de unos u otros va a depender de la ubicación de las piezas y solicitudes a las que vayan a estar sometidas.

Otro tipo de adhesivos utilizados puntualmente son los acetatos de polivinilo.

---

<sup>1821</sup> Excelente comportamiento debido a la homogeneidad de la madera producida.

<sup>1822</sup> Este tipo de adhesivo es muy resistente a la humedad, siendo los más empleados sobre todo en exteriores o en condiciones de mucha humedad.

<sup>1823</sup> Para más información vid. “Adhesivos para estructuras de madera laminada”, *Aitim*, nº 179, Enero-Febrero, 1996, Aitim, Madrid, págs. 24-25.



Los de urea y los polivinílicos no son adecuados para exteriores por su escasa resistencia a la humedad y por eso se deben emplear donde ésta no pueda afectarles.

De los adhesivos depende en gran medida la duración de estos materiales.

Aunque las resinas epoxi (las utilizadas en la construcción) se empleen fundamentalmente en la restauración o refuerzo de elementos constructivos, también ha tenido eco en la madera laminada encolada. Algunas de estas resinas fueron presentadas en la Feria de la Construcción “Batimat”, la feria más importante del sector, en Noviembre de 1997.

También se usan las colas de poliuretano.

Las colas de caseína empezaron a emplearse comercialmente hacia 1910-1920 y reforzadas con fungicidas. En la actualidad no se usan estructuralmente.

#### **9.3.4 Sistema de fabricación.**

Este sistema de fabricación es adaptable a la obtención de otros materiales tales como la madera microlaminada, aunque posee características y etapas de fabricación particulares. No vamos a profundizar demasiado en estos sistemas de fabricación pues es algo que está muy estudiado y controlado y se conocen perfectamente las propiedades resistentes de la madera laminada fabricada por estos métodos.



Laboratorio.  
Cortesía de Paul Gauthier, S.A.

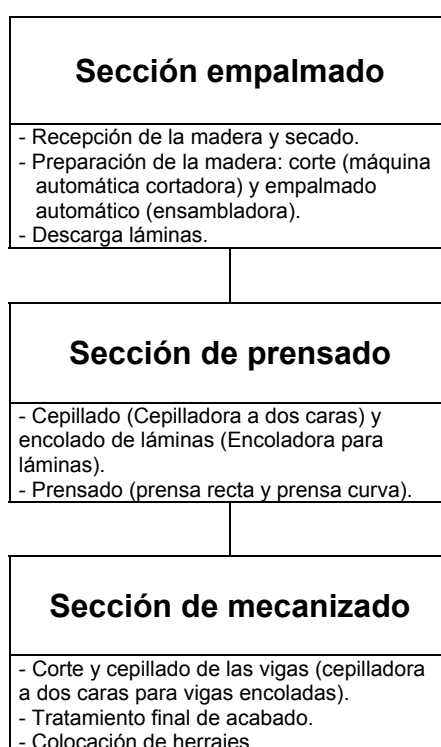
Existen varios pasos a seguir que abarcan desde la recepción de la



Fábrica de madera laminada.  
Cortesía de Laminados de Madera del Noroeste  
(Laminor, S.A.)

madera (llegada de la materia prima) hasta su embalaje.

Una línea de producción típica en la construcción de estructuras de madera laminada encolada podría ser la que lleva a cabo la empresa Laminor, S.A.:<sup>1824</sup>



Durante todo el proceso es imprescindible el control de la humedad (55-65%) y la temperatura. (20° C).

<sup>1824</sup> Para más información vid. literatura técnica correspondiente al año 2000, “Fabricación d Madera laminada Encolada y Tablero Alistonado” y hojas técnicas informativas de Laminor, S.A., Laminados de Madera del Noroeste, S.A., Ourense.

Las láminas llegan a la fábrica procedentes del aserradero para ser clasificadas por calidades y especies. Posteriormente son almacenadas para que su humedad sea la existente en el taller y se estabilicen, así, higrométricamente. Normalmente con unos cuatro a siete días bastan.

La humedad más habitual de las láminas oscila entre 8 y 12 - 15% y el contenido de humedad entre láminas de una misma pieza no excederá del 4%.

Se procede a reparar los defectos existentes<sup>1825</sup> y se tapan los poros para que el adhesivo no penetre excesivamente en las láminas, con la pérdida de cola que ello supondría y que no beneficiaría lo más mínimo.



Almacén de madera.  
Cortesía de Laminados de Madera del  
Noroeste (Laminor, S.A.)

Los empalmes que se van a producir van a ser de dos tipos derivados, a su vez, de la propia disposición de las tablas:

- Unión lateral o transversal: encolando los cantos entre sí. Se emplea con un fin concreto:

(...) cuando queremos utilizar láminas estrechas para conformar una pieza; en estos casos el ancho mínimo es de 3 cm.

Dentro de una misma lámina todas las uniones deben conservar el mismo sentido que las fibras de la madera.

Las superficies planas y lisas, siendo encoladas antes de ser cepilladas.

Esta unión puede permitir el nexo de pequeñas piezas, pero no serán válidas si se prevén grandes esfuerzos. No es recomendable en grandes construcciones ni estructuras portantes.<sup>1826</sup>

Este tipo de unión va a conseguir piezas de mayor anchura partiendo de pequeñas escuadrías.

---

<sup>1825</sup> Sobre todo los nudos, ya que la presencia de estos puede inutilizar parte de la madera, porque reduce sus resistencias. Todo esto dependerá de la ubicación del mismo; en piezas que trabajan a compresión apenas tiene importancia. No ocurre lo mismo con las que lo hacen a flexión. (César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejorada para encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº56, Marzo-Abril, 1954, Montes, Madrid, pág. 127-132).

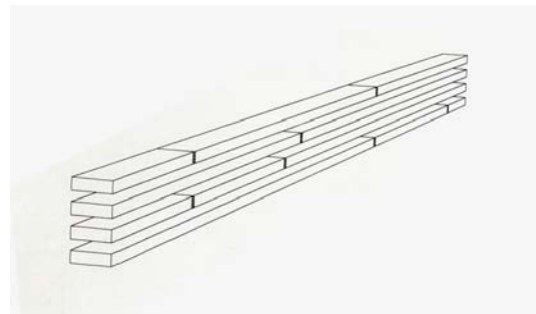
<sup>1826</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 44.

- La otra opción es la que tiene por objetivo aumentar la longitud de las tablas, debiendo realizarse para ello uniones en las testas. A este tipo de unión se le denomina “unión longitudinal”. Las uniones de este tipo más comunes las comentamos en el capítulo “Estereotomía de la madera maciza en la fabricación de soportes artísticos” y, fundamentalmente son tres: Junta a bisel, Junta con espiga y “Finger-joint” (unión dentada, según norma CB 71).

Véase la norma UNE-EN 385 *Madera estructural con empalmes de uniones dentadas. Requisitos de fabricación.*

Se vuelven a almacenar para que se estabilicen las uniones.

Ya estabilizadas se procede a su encolado y se realiza la composición adecuada de las láminas dependiendo de si el producto a realizar son vigas,



Unión de tablas.  
Cortesía de Lam'Wood, Impregna, S.A.

viguetas, arcos, etc. Asimismo, en función de la calidad de las láminas, se pueden realizar dos composiciones diferentes:

- Disposición de láminas simple: idéntica calidad en todas las láminas.
- Disposición compuesta: Las láminas de mejor calidad se colocan en las zonas más solicitadas a flexión.<sup>1827</sup>

El encolado es una parte vital del proceso. De su buena realización va a depender la calidad del producto final, ya que, realmente forma cuerpo con las láminas a las que encola, de manera que todas ellas se comporten como una sola pieza.<sup>1828</sup>

<sup>1827</sup> Por ejemplo, en la “clave”(o parte más alta) de un arco, dado que ahí es donde se origina la máxima flexión del arco.

<sup>1828</sup> Algo parecido a lo que sucede con el contrachapado: al aplicar la cola esta actúa como otra lámina más que pudiera estar orientada a contrahilo, haciendo del contrachapado un material “casi” ortótropo.

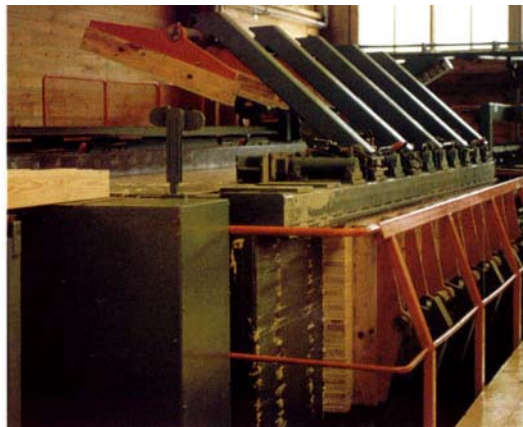
Las colas empleadas son principalmente tres: de resorcina-formaldehído, urea-formaldehído y caseína. Dado el tipo de material del que estamos hablando (madera laminada) el tipo de cola se adaptará a la ubicación final de las piezas: si van a estar sometidas a ambientes exteriores, interiores, secos, húmedos, etc. Dada la importancia de este punto, se tratará con detalle en el capítulo dedicado a adhesivos.

Hecho esto se inicia el proceso de prensado y curado de las resinas utilizadas en el encolado. Los tiempos y presiones van a variar en función de la cola usada, el tipo de especies utilizadas y la intervención o no de calor.

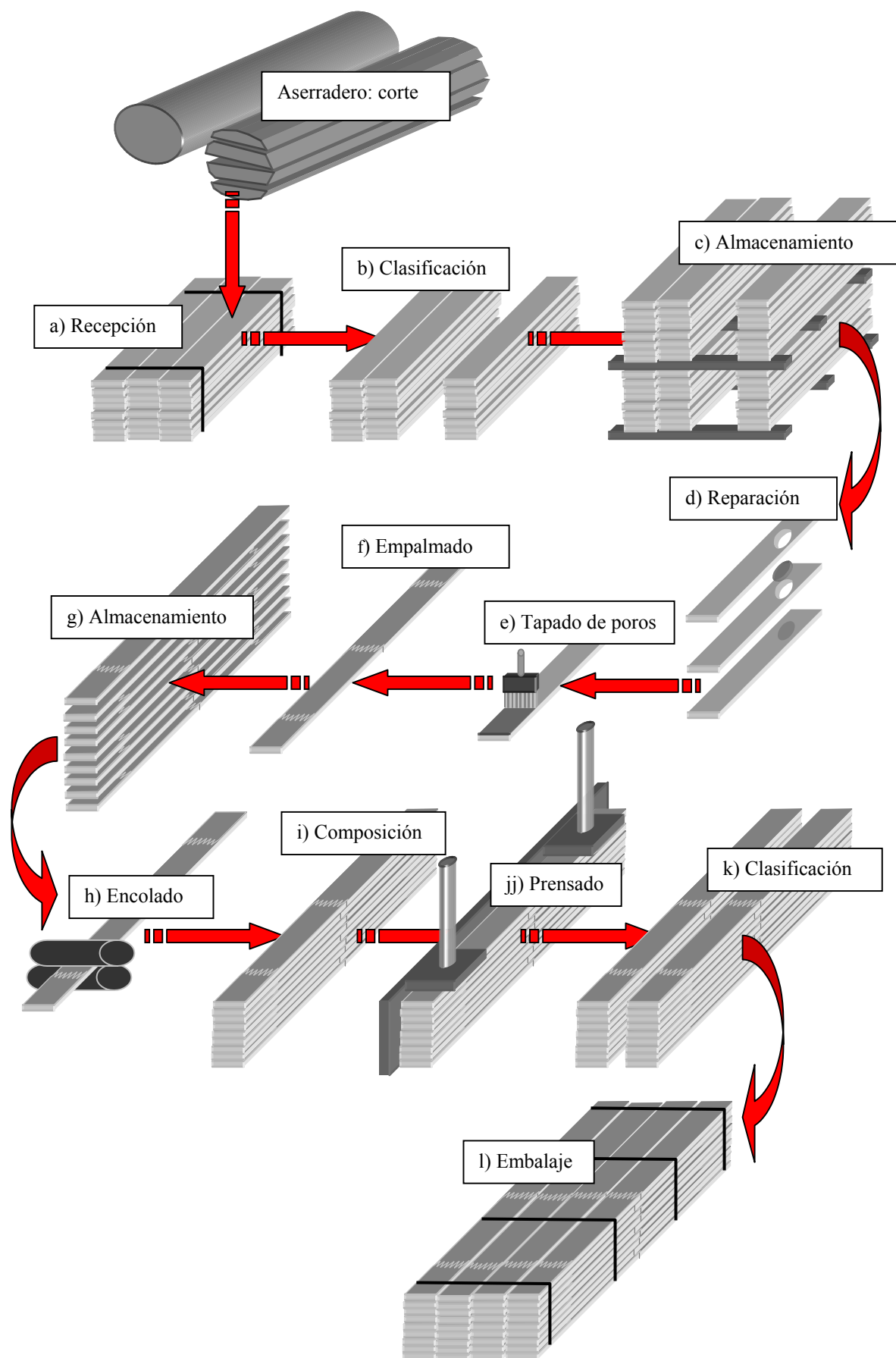
Se procederá al prensado cuando todas las láminas se encuentren encoladas. Es importante que la cola rebose por las juntas, pues ello es indicativo de que la lámina se encuentra encolada en toda su superficie.

La presión, temperatura y humedad deberán ser constantes y durante los tiempos adecuados. La presión debe ser superior a 7 bar.

Se clasifican por productos, se embalan adecuadamente para que no se produzcan condensaciones y comienza el reparto.



Prensa de madera laminada.  
Cortesía de Lam'Wood, Impregna, S.A.



### 9.3.5 Dimensiones.

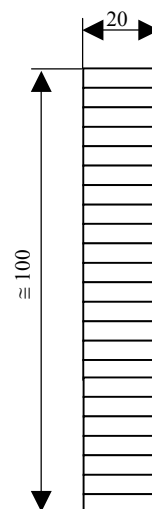
Véase la norma UNE-EN 390 *Madera laminada encolada. Dimensiones y tolerancias*. (En ella pueden apreciarse los valores de altura, anchura y longitud.)

Las escuadrías de las piezas pueden variar mucho. Pueden llegar a los 20-21 cm de anchura por 2 m. de grosor y longitudes que permitan tanto los medios de transporte como la propia maquinaria utilizada.

El grosor de las láminas puede oscilar desde los 18 mm. hasta los 44 mm <sup>1829</sup> Véase la norma UNE-EN 386 *Madera laminada encolada: requisitos de fabricación. Especificaciones y requisitos mínimos de fabricación*.

La cantidad de láminas oscila en función de lo que se pretenda, de las resistencias que queramos conseguir y del grosor de las mismas.

En el siguiente ejemplo <sup>1830</sup> podemos observar una pieza de 20 cm. de anchura y 1 m. aproximadamente de grosor. La longitud estimada puede ser de 15 m. La pieza se compone de 23 láminas de 44 mm. de grosor cada una, lo cual nos da una superficie final de encolado <sup>1831</sup> de 69 m<sup>2</sup>. La cola utilizada arroja un peso total de unos 24 kg., teniendo en cuenta que la cantidad aconsejada en la tabla es de 350 gr./m<sup>2</sup>. Cada lámina tiene una superficie de 3 m<sup>2</sup> en cada cara. El volumen final de la pieza es de unos 3 m<sup>3</sup> aproximadamente.



<sup>1829</sup> Láminas ya cepilladas y listas para encolar.

<sup>1830</sup> Véase el cuadro sobre el “Aprovechamiento de la lámina de acuerdo con su espesor”, en él pueden apreciarse interesantes detalles en cuanto a nº de láminas, grosores de las mismas, m<sup>3</sup> finales, superficie en m<sup>2</sup> ocupada por todas las láminas, Kg. de cola necesaria, etc. [Andrés Merino (director), op. cit., pág. 34].

<sup>1831</sup> Esta superficie final es la suma de superficies de todas las caras (tabla) de las láminas que reciben cola.



### 9.3.6 Aplicaciones.

Dadas las características de este material, su uso está muy extendido, sobre todo, a niveles constructivos y prácticamente en todos los estadios del mismo:

- En el comienzo de la edificación: encofrado para hormigón.
- En la culminación: estructuras de cubiertas.
- Obtención de vigas con distintos perfiles y tipologías:<sup>1832</sup>
  - Sección maciza.
  - En cajón.
  - En doble T.

La tipología constructiva es muy variada y abarca desde iglesias, teatros, cubiertas para edificios deportivos, tribunas, etc.<sup>1833</sup>



Vigas de madera laminada.  
Cortesía de Cortesía de Laminados de  
Madera del Noroeste (Laminor, S.A.)



Transporte de piezas (vigas)  
de madera laminada).  
Cortesía de Paul Gauthier,  
S.A.



Pasarela en madera laminada.  
Cortesía de Paul Gauthier, S.A.

<sup>1832</sup> Este punto es de gran importancia y lo desarrollaremos convenientemente más adelante, puesto que vamos a adaptar esa tipología de construcción de vigas a la realización de listones, pero salvando las distancias en cuanto a materiales y escuadrías se refiere. En cuanto a materiales, porque nosotros utilizaremos principalmente contrachapado, aunque puede utilizarse, convenientemente, madera microlaminada. Los primeros por lo excelente de sus propiedades, su fácil obtención y lo económico de su coste, las segundas por su menor escuadría (que la laminada), lo que facilita su utilización y. En cuanto a las escuadrías, ya se comentó que la madera laminada está pensada para vigas, viguetas, etc., pero que pueden cubrir grandes luces en la construcción de estructuras sobre todo.

<sup>1833</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 54.



### 9.3.7 Características.

La madera laminada posee unas características físicas, técnicas, etc., perfectamente estudiadas y ampliamente desarrolladas en la literatura técnica existente y de la cual nos hacemos eco en la bibliografía utilizada.<sup>1834</sup>

Comentaremos algunos puntos que puedan resultarnos útiles y fundamentalmente prácticos.



Postes Lam.

Cortesía de Durapin, Sciere Piveteau  
Impregna, S.A.



Madera laminada ranurada.

Como producto derivado de la madera que es y por su proceso de fabricación es un material dúctil (aun no siendo metal) dado que puede adquirir grandes deformaciones mecánicas sin llegar a romperse.<sup>1835</sup>

La madera laminada tiene una densidad similar a la de la madera



Sección de viga de madera laminada en madera de eucalipto (Argentina). El potencial estético es enorme. Las grandes escuadrias son perfectas para obtener piezas utilizables en la talla de madera sin necesidad de proceder al encolado de las distintas piezas.

natural. Sin embargo, habrá que tener en cuenta la/s especie/s de madera

<sup>1834</sup> Ídem, págs. 12 a 35, por ejemplo.

<sup>1835</sup> Dúctil se dice también de los metales que mecánicamente se pueden extender en alambres.

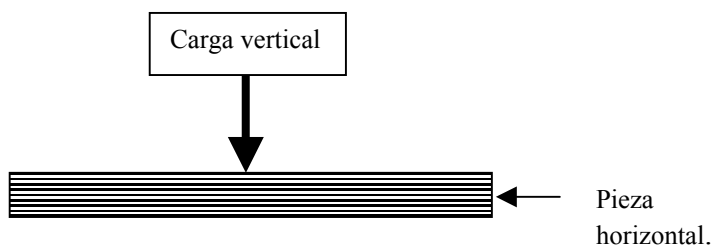
de la/s que está fabricada. La densidad media de la madera es de 450-500 Kg/m<sup>3</sup>, esto quiere decir que, a niveles constructivos, la madera es un material ligero.

La merma y el hinchamiento quedan reducidas al mínimo.

Pueden fabricarse piezas de formas y tamaños variables.

A nosotros nos interesa que la densidad de nuestros bastidores, y soportes en general, no sea demasiado alta para no aumentar innecesariamente el peso final.

Flexión: Admite un máximo de 120 kg/cm<sup>2</sup>.



Tracción:

- Axial: Importante propiedad a tener en cuenta:

(...) En tracción, las fibras de las piezas sufren una contracción transversal que tiende a aumentar su adherencia, mientras que en compresión la rotura se presenta por separación y pandeo de estas mismas fibras. Como promedio, podemos definir la tensión admisible frente a la tracción axial de 120 kg/cm<sup>2</sup>, teniéndose en cuenta que un excesivo taladrado del perfil puede reducir hasta un 15% esta resistencia.<sup>1836</sup>



El taladrado del perfil va a ser utilizado para aligerar peso en los listones y se tratará en el capítulo correspondiente. Se tendrá en cuenta, lógicamente, esa disminución de resistencia.

---

<sup>1836</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 13. (Datos referidos a una temperatura de 20° C y una humedad del 65%).

- Transversal: Se acepta  $7 \text{ kg/cm}^2$ .<sup>1837</sup>

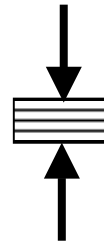


#### Compresión:

- Axial: Resistencia que opone la pieza a un esfuerzo paralelo a la dirección de sus fibras. Es del orden de  $120 \text{ kg/cm}^2$ .<sup>1838</sup>



- Transversal: Compresión perpendicular a la fibra. Es del orden de  $25 \text{ kg/cm}^2$ .<sup>1839</sup>



#### Resistencia al fuego, conductividad térmica y conductividad acústica:

Aplíquese todo lo dicho en el capítulo referido a las propiedades de la madera.

Dilatación térmica: Este es un punto importante en la elección de este material para la construcción y, además, para su aplicación (de él, o de la madera microlaminada) en la construcción de bastidores y/o soportes en general.

Sabemos que la dilatación/contracción de la madera (en el sentido axial o longitudinal) en función de la humedad, es insignificante. Lo mismo ocurre con los cambios de temperatura. Esta propiedad trae consecuencias muy interesantes:

(...) la madera laminada encolada por definición es un material estable, en el cual la cola debe absorber todas las posibles

<sup>1837</sup> Andrés Merino (director), op. cit, pág. 13.

<sup>1838</sup> Idem., pág. 12.

<sup>1839</sup> Idem., pág. 12.

tensiones internas. Con esto se tiene la ventaja de eliminar las juntas de dilatación de dicho material (...)

La dilatación térmica se produce preferentemente en el sentido axial, más que en el tangencial o el radial, por lo que en la madera laminada encolada se considera la primera opción cuando se hable de dilatación térmica, y es justamente en el sentido longitudinal de las fibras donde la madera tiene el mejor comportamiento. Por esto en la mayoría de las construcciones donde se emplea esta madera, especialmente las vigas, se tiende a utilizar las uniones de piezas como verdaderas juntas de dilatación, donde la pieza metálica siempre separa el material leñoso unos milímetros para de esta manera absorber la dilatación o contracción térmica.<sup>1840</sup>

### **9.3.8 Firmas que comercializan este producto.**

- Tradema, S.A.
- Lanik.

### **9.3.9 Otros materiales derivados de la madera laminada.**

Se trata de materiales muy especiales y no muy usuales.

#### **9.3.9.1 MADERA LAMINADA REFORZADA.**

Otras denominaciones: **FIRP GLULAM. MADERA LAMINADA ENCOLADA REFORZADA CON FIBRAS.**<sup>1841</sup>

- **Definición.**

Es un producto derivado de la madera laminada que se encuentra reforzado por la incorporación de fibras de origen sintético: aramida y de origen semisintético: fibra de carbono.

- **Historia.**

Aparece en 1996 en EE.UU., como un producto elaborado conjuntamente entre el Wood Science and Technology Institute, Ltd. WSTI<sup>1842</sup> y la Universidad de Oregón.

Más adelante, de una colaboración de ese Instituto y una empresa privada italiana se obtuvieron unas vigas fabricadas con madera de abeto

---

<sup>1840</sup> Andrés Merino (director), op. cit, pág. 19.

<sup>1841</sup> Información obtenida de “Madera laminada reforzada”, *Aitim*, nº 195, Septiembre-October, 1998, Aitim, Madrid, pág. 24.

<sup>1842</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología de la Madera.

laminada y reforzada con fibra de carbono. Esto supone un ahorro en materiales, con respecto al acero, del 39%.

- **Materiales.**

- **Especies**

- Abeto principalmente.

- **Adhesivos.**

- Los mismos que para la madera laminada.

- **Materiales de refuerzo.**

- Fibras de carbono y de aramida.

### **9.3.9.2 MADERA POSTENSADA.**

Este producto consiste en tableros contruidos con piezas de madera que no van encoladas entre sí, pero que se mantienen unidas por sus cantos gracias a unos tensores de acero. Estos tensores pasan a través de las piezas de madera por medio de unos taladros practicados en ellas.

Se usan en la construcción de puentes.

La ventaja que tienen es que se pueden desmontar para su traslado o reparación, con lo que se produce un ahorro considerable de transporte y la manipulación se simplifica.

### **9.3.10 Materiales basados en el mismo concepto de la madera laminada: PERFILES LAMINADOS.**

#### **9.3.10.1 Definición.**

Se trata de un producto derivado de la madera que se obtiene por medio de la unión de varias piezas de madera, de pequeña escuadría, para conseguir otra de escuadría mayor.

Es similar a la madera laminada pero referido a escuadrías bastante menores.



### 9.3.10.2 Materiales.

- **Especies.**

Se usan tanto coníferas como frondosas:

- Coníferas:
  - Pino radiata (fábricas del País Vasco como “Perfiles laminados Basáñez).
  - Pino insignis (fábricas del País Vasco como “Perfiles laminados Kraslam”, etc.
- Frondosas:
  - Castaño (fábricas de Asturias como “Perfiles laminados Sierolam”), etc.

- **Adhesivos.**

Los mismos utilizados en la madera laminada.

### 9.3.10.3 Fabricación

Mismos procesos utilizados en la madera laminada, salvando la escala.

### 9.3.10.4 Escuadrías.

Especie	Escuadrías (mm)		Largos (mm)	nº de tablas	Humedad (%)	Notas
Pino radiata	Calidad A o B	72 x 86	700 3000 6000	3 (de 24 mm de grueso).	11 - 13	Corte radial. Dos calidades: <u>Calidad A</u> : sin empalmes en la cara. <u>Calidad B</u> : con empalmes exteriores. Según DIN en D4
		72 x 105	90 3000 6000			
		72 x 115	90 3000 6000			
		72 x 145	800 2400 6000			
Castaño	1ª Clase	Todas las combinaciones de: 60-63-72 (canto)	Hasta 6000		12 ±2%	Uniones en las caras exteriores: Pueden presentar finger-joint (C2) y uniones no dentadas (C1). Todas las caras cepilladas.
	1ª Clase	<b>X</b> 70-75-85-95-120 (ancho)	Entre 600 y 2400			

Pino insignis	1ª Calidad	72 x 86	De 600 a 1500 o de 1500 a 3000, según sea el paso de 50 o 100.			Tabla exterior libre de nudos y sin empalmes.
		72 x 105	De 600-1300 o 1200 a 2500, con paso de 100.			
		72 x 115				
		72 x 145				
	2ª Calidad	72 x 86	600 y un paso de 100			Tabla interior y exterior libre de nudos y con empalmes finger joint.
		72 x 105				
		72 x 115				
		72 x 145				

## 9.4 WAFERBOARD.

Otras denominaciones para Waferboard: <sup>1843</sup> Flakeboard<sup>1844</sup>. Tableros estructurales orientados.<sup>1845</sup> tableros de plaquetas de madera. Tablero de plaquetas de madera al azar. Tablero al azar. Tablero de virutas sin orientar.

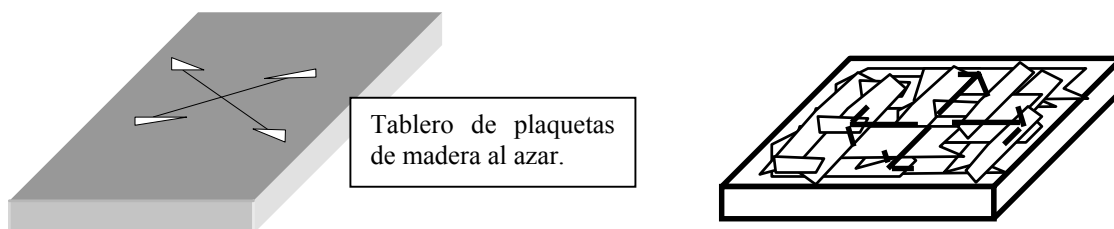
### 9.4.1 Historia.

Invento del Dr. James Clark en 1949.

Su producción comercial comienza hacia 1961-1962.

Lleva utilizándose en Canadá desde 1972, aproximadamente, con fines constructivos y por ello «está prescrito en los más importantes Códigos de Construcción Canadienses y de los EE.UU.»<sup>1846</sup>

Es el predecesor del OSB y con él satisfacen los requisitos de la C.S.A. (Asociación canadiense de Normalización) norma CAN/CSA 0437.0-93 “OSB and Waferboard”. Según esta norma se establece un grado para este tipo de tablero: “Tablero al azar” R-1.



<sup>1843</sup> Wafer significa literalmente “oblea”, y el tablero se denomina “Tablero de obleas de madera”. Asimismo “Wafer” es una cuchilla especializada en cortar virutas teniendo la longitud controlada de por lo menos 30 mm a lo largo del grano, con un espesor controlado y una anchura variable.

<sup>1844</sup> Flake significa “copos”, “escamas” u “hojuelas”. También puede significar “Plaqueta”. Ese nombre indica, pues, “Tablero de copos”, “Tablero de escamas” o “Tablero de hojuelas de madera”.

<sup>1845</sup> Nombre que reciben estos tableros junto con los OSB y los contrachapados.

<sup>1846</sup> “OSB. Industrial and Construction Applications”, Structural Board Association (SBA), 1997, Willowdale, Ontario, Canada, pág. 1.

### 9.4.2 Motivo de aparición.

Aprovechamiento de materiales de pequeño tamaño y diámetro de crecimiento rápido o de residuos no útiles para otros productos.

### 9.4.3 Materiales.

#### 9.4.3.1 Especies de madera.

De crecimiento rápido. Utiliza el chopo, igual que utiliza el OSB, (poplar o aspen, en Canadá) y el southern Yellow pine (en EE.UU.)<sup>1847</sup>. En el Waferboard las virutas no tienen una orientación determinada por eso no tiene mayor resistencia en ninguna dirección como ocurre con el OSB.

*Tamaño de las virutas o plaquetas:*

Su longitud suele ser de 25 x 45 mm y su grueso de 1 mm. Son muy corrientes las de 30 mm de longitud. Se disponen al azar sobre la superficie, sin orientación determinada.

Tamaño de las virutas	Waferboard	OSB
Longitud (mm)	45 (pero muy corriente los de 30)	80
Anchura (mm)	35	
Grosor (mm)	1	< 1

#### 9.4.3.2 Adhesivos.

De tipo aminoplástico.

### 9.4.4 Grosor de los tableros.

Grosor de los tableros Waferboard de la SBA:

---

<sup>1847</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993, pág. 110.



	Grosor de los tableros (mm) <sup>1848</sup>								
<b>Grado R-1</b>	6,35	9,5	11,1	—	12,7	—	15,9	—	19,0

#### **9.4.5 Características.**

Similares a las de los OSB, salvando la distancia referente a la distribución de sus virutas.

#### **9.4.6 Propiedades básicas de estos tableros**

Se encuentran detalladas en la norma: CAN/CSA 0437.0-93.

En general presentan una mayor resistencia a la tracción que los tableros aglomerados de partículas normales.

Son menos utilizados que los tableros de virutas orientadas.

#### **9.4.7 Fabricación.**

El tablero se forma por el curado de las resinas resistentes a la intemperie, por medio de presión y calor.

La línea de fabricación es la misma que para el OSB, sólo difiere la colocación de las virutas: las virutas no tienen ninguna orientación predeterminada, por esta razón, la resistencia a flexión es más o menos la misma en cualquier dirección del tablero.

---

<sup>1848</sup> Hay grosores de hasta 28,5 mm, pero bajo pedido especial.



Presentamos aquí esta línea de fabricación del OSB, ya que es la misma que produce el WAFERBOARD.

Cortesía de Valmet Panrlboard Oy.

#### 9.4.8 Aplicaciones.

Principalmente en la construcción, como los OSB: cubiertas, suelos tabiques, etc.

### 9.5 TABLERO OSB.

Otros nombres utilizados en la industria de la madera para nombrar al OSB<sup>1849</sup> (Oriented Strand<sup>1850</sup> Board): **Tableros de virutas delgadas, largas y orientadas.**<sup>1851</sup> **Tableros de tiras orientadas.** **Tablero de fibras orientadas.** **Tablero de fibras de madera orientadas.** **Tablero de virutas.** **Tablero de virutas anchas.** **Sliver board.**<sup>1852</sup> **Shaving board.**<sup>1853</sup> **Flake board.**<sup>1854</sup>

Puede consultarse la norma:

<sup>1849</sup> OSB, como indicamos arriba, es el acrónimo de Oriented Strand Board y es el más usado para nombrar a este tipo de tableros.

<sup>1850</sup> Strand es una cuchilla especializada en cortar virutas, de espesor controlado y con una longitud orientada a lo largo del grano, de por lo menos dos veces la anchura. La mayoría de las veces esa longitud es superior al doble de esa anchura.

<sup>1851</sup> Según norma UNE-EN 300: 1997 *Tableros de virutas orientadas (OSB). Definiciones, clasificación y especificaciones.*

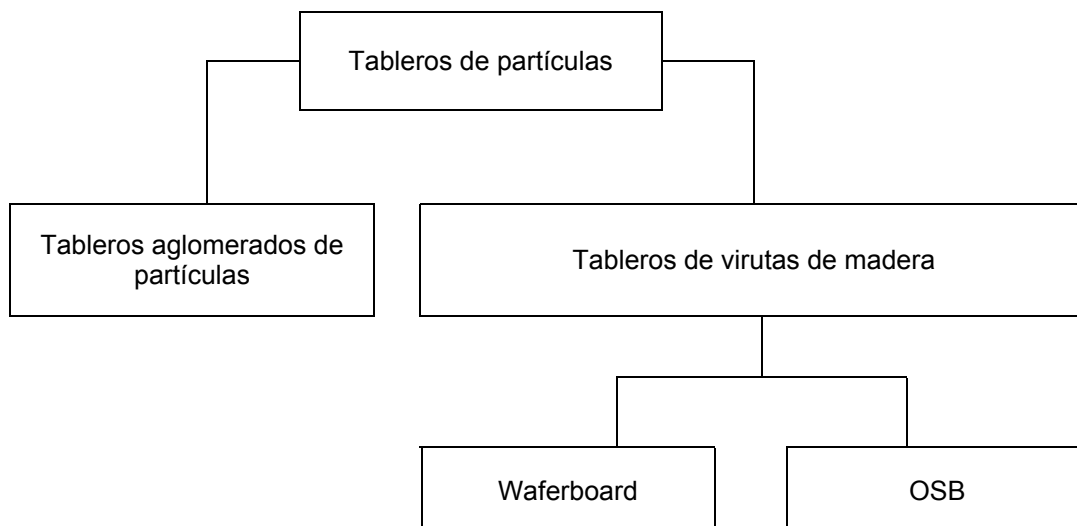
<sup>1852</sup> Tablero de astillas.

<sup>1853</sup> Tablero de virutas.

<sup>1854</sup> Tablero de hojuelas.

- UNE-EN 300:1997. *Tableros de virutas orientadas (OSB). Definiciones, clasificación y especificaciones.*

Suelen ubicarse en una clasificación como la siguiente:



Con este cuadro queremos dejar constancia de la clasificación más utilizada aunque nosotros no lo organicemos así en este trabajo, dado que, como puede comprobarse, a los tableros Waferboard y OSB los ubicamos en el capítulo *Madera de ingeniería* por que, además de ser productos de ingeniería, son relativamente recientes. Preferimos colocarlos junto a otros de características parecidas a estas.

### 9.5.1 Definición.

El tablero OSB es un composite de madera, es decir un producto compuesto por madera, o derivado de la misma. Esto quiere decir que está fabricado por la rotura de



Tablero OSB de 10 mm.

madera sólida y su posterior conversión en virutas rebanadas de troncos<sup>1855</sup> (más o menos rectangulares, colocadas en capas) que luego son aglutinadas entre sí, por medio de un adhesivo resistente a la intemperie, dentro de una forma fija, que posteriormente se prensan con el concurso de temperatura determinada. El producto acabado es un panel estructural parecido al contrachapado, cuya resistencia viene de la “continuidad” de la fibra al entrelazarse fibras largas entre sí y la gran orientación que éstas tienen en la superficie.

(...) Quizá La forma más directa de recuperar la resistencia consiste en la *orientación de los elementos*. En EE.UU. y Europa desde hace varios años se han estado haciendo investigaciones sobre la orientación, y hace poco se inauguraron como procesos comerciales en ambos continentes. Se trata del invento más interesante de la industria maderera desde que aparecieron los tableros de partículas.

La orientación hace aumentar la resistencia.

La isotropía se pierde, pero se conserva el control de la variabilidad de la madera,

La orientación más gran cantidad de resina más una densidad elevada produce resistencias casi iguales a las de la madera maciza.<sup>1856</sup>

No es simplemente un tablero de viruta, ni de partículas de madera, ni es un producto de desecho de otro proceso de fabricación, es un producto derivado de un profundo estudio, es un producto de la ingeniería.<sup>1857</sup>

Podemos decir que es un panel sin las “imperfecciones” (nudos, fendas, oquedades, etc.) que ofrece la madera natural. Se obtiene “casi” un tablero isótropo. Otra ventaja es el gran aprovechamiento de la materia prima, la pérdida es mínima: se aprovecha del orden del 90%, destinándose el resto para producir energía.

### 9.5.2 Historia.

- Hacia 1950, en Texas, Armin El Mendorf crea un tablero parecido al aglomerado pero con unas propiedades mecánicas más parecidas

---

<sup>1855</sup> Cuando el tronco está descortezado, cilindrado y listo par el desenrollo (caso del contrachapado) o listo para el astillado (caso que nos ocupa) se le denomina “bloque” o “bloque cilíndrico”.

<sup>1856</sup> G. G. Marra, op. cit., pág. 314.

<sup>1857</sup> “Novedades post Construmat. APA”, *CIC. Revista de la Construcción*, nº 276, julio-agosto, 1995, CIC. Centro Informativo de la Construcción S.L., Madrid, pág. 94.

al contrachapado. Para ello emplea virutas de gran longitud, encoladas con resinas fenólicas y con la fibra cruzada. Pero como en aquellos tiempos no había escasez de madera no llegó a comercializarse.<sup>1858</sup>

- Producto inventado en los años 60 por la colaboración de Arne Petersen con Mac Millan Bloedel. Comercializaron el primer Waferboard de Canadá (en Hudson's Bay Saskatchewan) y en 1975 realizan infinidad de experimentos en el Precision Service & Engineering que les llevan al descubrimiento del OSB.<sup>1859</sup>
- Comienza su comercialización en 1981.
- 1983, La Highland Forest Products (HPF) fue la pionera en la producción de los OSB en Europa utilizando materia prima de sus propios bosques.<sup>1860</sup>
- 1984, La empresa Nordbord Industries Inc. De Toronto instala una línea de fabricación en Escocia.
- 1990. En diciembre de ese año existían ya 45 plantas en Norteamérica: 31 en EE.UU. y 14 en Canadá.
- 1993, entra en la industria del OSB la empresa Ainsworth Lumber Co. Ltd.
- 1994. Esta misma empresa monta otra línea en ese mismo país.
- 1995. La empresa norteamericana APA introduce su tablero OSB.
- En 2000 existían ya unas 70 líneas de fabricación de OSB en Norteamérica, que a la vez son las más grandes compañías

---

<sup>1858</sup> “Precursor del tablero OSB”, *Aitim*, nº 195, Madrid, Aitim, septiembre-octubre, 1998, Aitim, Madrid, pág. 16.

<sup>1859</sup> “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, nº 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 43.

<sup>1860</sup> Vid. “La polución y otras cosas”, en la sección Colaboraciones de *Acomat*, nº 51, marzo-abril, 1988, Acomat, Madrid, pág. 36.

productoras: Louisiana Pacific, Georgia Pacific, J.M. Huber, Norbord, Potlatch, Weyerhaeuser y Ainsworth.<sup>1861</sup>

- En 2001 todavía no se fabricaba en Australia, aunque vaya desplazando poco a poco al contrachapado para usos estructurales.

Consumo mundial de productos de madera entre 1970-1996 <sup>1862</sup> (ml m <sup>3</sup> )						
Productos		1970	1980	1990	1996	Cuota de mercado en 1996 (%)
Madera aserrada	Blanda	316	354	361	355	57,2
	Dura	98	114	122	120	19,4
Tablero Contrachapado		33	40	50	55	8,9
Tablero Aglomerado de partículas		19	41	50	53	8,5
MDF		—	1	5	11	1,8
Otros tableros de fibras		14	16	18	13	2,1
OSB		—	(Insignificante)	7	13	2,1
Total:		480	546	611	620	100,0

### 9.5.3 Fábricas en Europa.<sup>1863</sup>

Nº fábricas	Año	Lugar
1	1994	Francia <sup>1864</sup>
1	1994	Escocia <sup>1865</sup>
1	1995	Irlanda

+ Eire: Louisiana-Pacific Europe.

+ Francia: Isorex.

<sup>1861</sup> “Information Sheet-OSB”, literatura técnica de Ainsworth Lumber Co. Ltd, Vancouver, British Columbia, Canada, 2000. Louisiana Pacific es la mayor empresa fabricante de estos tableros. Después le siguen Weyerhaeuser y Georgia-Pacific (“OSB en Norteamérica”, *Aitim*, nº 176, julio-agosto, 1995, Aitim, Madrid, pág. 9.)

<sup>1862</sup> Cifras obtenidas de la FAO en John Wadsworth, “op. cit.”, pág. 2.

<sup>1863</sup> Fernando Peraza, “Tableros de virutas OSB”, *Aitim*, nº 194, Julio-Agosto, 1998, Aitim, Madrid, pág. 15. Vid. también “OSB” *Aitim*, nº 178, nov-dic, 1995, Aitim, Madrid, pág. 13.

<sup>1864</sup> Perteneciente al grupo Isoroy.

<sup>1865</sup> Filial de la canadiense Norbord.

- + Luxemburgo: Kronospan, Sanem-Cie.
- + Polonia: Kronopal.
- + Reino Unido: CSF Forest Products.

Otras fábricas: EE.UU., Canadá (los mayores productores), China, Brasil, etc.

Poco conocido en Europa. Su historia es muy corta en relación con otros derivados de la madera que tienen ya unos cien años de historia.

#### 9.5.4 Motivo de aparición.

Utilización de materia prima inútil para otros productos. Actualmente se utilizan rollizos de poco diámetro (15 cm) y tres metros de longitud.

#### 9.5.5 Características.

- Por su proceso de fabricación, no ofrece nudos, huecos u otros defectos habituales en la madera maciza.
- Tablero de poco espesor.
- Densidad típica de 640 Kg/m<sup>3</sup>, que puede variar según fabricación y humedad.
- Peso de los tableros:

<b>Pesos de superficie y de panel<sup>1866</sup></b> (Para una densidad de 640 Kg/m <sup>3</sup> )		
<b>Grosor del panel</b>	<b>Peso (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso por panel</b> (de 1220 x 2440 mm)
6,0	4,1	12
7,5	5,1	15
9,5	6,1	18
11,5	7,1	21
12,0	7,4	23
12,5	8,1	24
15,0	9,8	29
15,5	10,2	30
18,0	11,8	35
18,5	12,2	36
28,5	15,7	55

<sup>1866</sup> Cifras ofrecidas por la SBA en “OSB. Industrial and Construction Applications”, Structural Board Association (SBA), 1997, Willowdale, Ontario, Canada, pág. 4.

- Menor estabilidad que el contrachapado, ya que puede absorber humedad y producir mayor hinchazón en el grueso pero le está sustituyendo por ser de menor precio, aunque de similares características resistentes y no necesita trozas de tanto diámetro y elevado precio. Pero hay que decir en su defensa, al igual que puede ocurrir con otros tableros de madera reconstituida, que «(...) El encolado limita las deformaciones, ya que la probabilidad de que todas las piezas encoladas de un elemento se deformen en la misma dirección es prácticamente nula».<sup>1867</sup>
- Resistencia mecánica similar a la del contrachapado.<sup>1868</sup> Realmente sus características técnicas se pueden predecir como ocurre con los contrachapados. Su construcción es similar: cada capa está dispuesta perpendicularmente a la anterior.
- Puede pegarse con cualquier tipo de adhesivo para madera. La unión se mejora con el lijado de las superficies antes del encolado. Ver CSA norma O122.7.
- Aplicabilidad de pinturas y aparejos en su superficie, peor que en los contrachapados. Debe sellarse la superficie antes de pintarla con un “aprestador” específicamente diseñado como “bloqueador de manchas” (stain blocking) o “resistente a las manchas” (stain resistant).<sup>1869</sup> Este problema de las manchas que aparecen en las superficies pintadas es también común en los tableros aglomerados de partículas. Admite bien cualquier tipo de pintura para madera aunque son recomendables las pinturas de látex acrílica para exteriores, siendo aconsejable lijar las superficies antes de la

---

<sup>1867</sup> Adaptación de Fernando Peraza del artículo de la CTBA Info nº 83 de Daniel Guinard, “Quel avenir pour la production et emploi du bois au XXIème siècle” (Fernando Peraza, “La madera en el siglo XXI”, *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, 2001, pág. 60.)

<sup>1868</sup> Según “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, nº 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 41.

<sup>1869</sup> Consultar “OSB. Industrial and Construction Applications”, Structural Board Association (SBA), edición española, 1997, impresa en Willowdale, Ontario, Canada, pág. 4 y “OSB in wood frame construction”, Estructural Board Association (SBA), canadian edition, Willowdale, Ontario, Canada, 2000, pág. 8.



aplicación porque de esta manera penetra más rápidamente el fluido. Puede teñirse su superficie sin problemas.

- Para su trabajo pueden utilizarse herramientas normales para madera pero son recomendables las que tengan filos de carburo de tungsteno.
- Con el lijado adquiere apariencia marmórea y la penetración de fluidos es más rápida.
- Excelente material técnico: rígido, con gran resistencia al impacto, al fuego.
- Buen aislante térmico y acústico.
- Contenido de formaldehído: inferior a 8 mgr/100 gr de tablero.

#### **9.5.6 Normativa.**

(Material aprobado por los códigos de construcción más importantes).

Para los tableros canadienses:

- U.S. Standard PS 2-92: United States Performance Standard for Wood-Based Structural Panels.
- Norma CAN/CSA-0325.0-92: "Construction Sheathing".
- Norma CAN/CSA 0437.0-93: "Strandboard and Waferboard".
- Norma CAN/CSA 0452.0-94: "Design Rated OSB".

#### **9.5.7 Propiedades.**

Las propiedades básicas de estos tableros: Se encuentran detalladas en la norma: CAN/CSA 0437.0-93. También puede consultarse la norma canadiense CSA O86.1-M94 que se refiere a la utilización de estos tableros en el diseño de ingeniería.

(En España la norma UNE-EN 300).

**Propiedades básicas de los O.S.B.  
y de los Tableros de Plaquetas (CSA 0437.0)<sup>(a)</sup>**

	Grado r-1	Grado o-1	Grado o-2
<b>Tolerancias de dimensiones, seca, tal como ha sido enviada</b>			
• Longitud y anchura, de las dimensiones declaradas	+0, -4 mm	+0, -4 mm	+0, -4 mm
• Cuadratura, máxima diferencia en diagonales	4mm	4mm	4mm
• Derechura, máxima desviación de la rectitud	1 5 mm/borde	1 5mm/borde	1 5 mm/borde
Grosor <sup>(b)</sup> • Panel promedio del nominal • Dentro del panel del panel promedio	±, 75 mm* ±, 75 mm*	±, 75 mm* ±, 75 mm*	(C) (C)
<b>Propiedades mecánicas, seca, tal como ha sido enviada</b>			
• Módulos de Ruptura //	17.2MPa	23.4 MPa	29.0 MPa
• Módulos de Ruptura ⊥	17.2MPa	9.6 MPa	12.4 MPa
• Módulos de Elasticidad //	3100 MPa	4500 MPa	5500 MPa
• Módulos de Elasticidad ⊥	3100 MPa	1300 MPa	1500 MPa
• Unión Interna	0.345 MPa	0.345 MPa	0.345 MPa
• Resistencia Lateral al Clavado (t = grosor del panel tan apropiado como sea, en mm o en pulgadas)	(70t) N	(70t) N	(70t) N
<b>Propiedades a después de ser expuesta a la humedad</b>			
• MDR† después de 2 horas de ebullición //	8.6 MPa	11.7 MPa	14.5 MPa
• MDR† después de 2 horas de ebullición ⊥	8.6 MPa	4.8 MPa	6.2 MPa
• MDR+ después de exposición de 6-ciclos //	8.6 MPa	11.7 MPa	14.5 MPa
• MDR+ después de exposición de 6-ciclos ⊥	8 6 MPa	4 8 MPa	6 2 MPa
• Aumento de Grosor después de empapado por 24 horas, máximo. • 12 7mm y menor • Mayor que 12 7mm	15% 10%	15% 10%	15% 10%
• Expansión Lineal, Máximo // y ⊥ • 50%-90%RH • Secado en horno a saturado	0.20% 0.40%	0.20% 0.40%	0.20% 0.40%

† Módulos de Ruptura.

(a) Los requisitos mínimos (máximos donde se indique) están basados en un promedio de 5 paneles, con ningún panel con mas del 20% por debajo (o por encima, tal como se indique) del requisito estipulado.

NOTA: La industria mantiene generalmente niveles de propiedades superiores a aquellos mostrados en esta tabla, que no deben ser interpretados como tensión permitida para diseño. **Unidades de tensión tolerables para O.S.B. y tablas de plaquetas de madera están siendo desarrolladas.**

(b) Las tolerancias que se muestran son para tableros dimensionados ásperos. Las tolerancias para paneles lijados son ± 0,40 mm para variación desde el nominal, y ± 0.25 mm dentro de la variación del panel desde el panel promedio

(c) Los paneles de grado O-2 son hechos en grosores métricos duros con tolerancias de +1.00 mm; -0.5 mm.

### 9.5.8 Tipología y productos comerciales.

La norma UNE-EN 300:1997 considera 4 tipos de tableros OSB:

- + OSB/1: Tablero para uso general y aplicaciones de interior (incluido el mueble) utilizados en ambiente secos (interiores).
- + OSB/2: Tableros estructurales para medios secos (interiores).

- + OSB/3: Tableros estructurales para medios húmedos (semi-exterior).
- + OSB/4: Tableros estructurales de alta prestación para medios húmedos (exterior).

Todas las propiedades de estos tableros con sus normas de aplicación correspondientes se encuentran en la citada norma UNE-EN 300:1997.

Existe un código de color voluntario para los fabricantes de estos tableros:

Tableros OSB			
Tipo de tablero	Código de color		
	1 <sup>er</sup> color		2º color
OSB/1	Blanco		Azul
OSB/2	Amarillo	Amarillo	Azul
OSB/3	Amarillo	Amarillo	Verde
OSB/4	Amarillo		Verde

Leyenda:

- El primer color define la aplicación del tablero, para usos generales o estructural (una o dos franjas de ese color). El segundo color indica si es apto para ambiente seco o húmedo.
- **1<sup>er</sup> color:** Blanco, cuando es de uso general. Amarillo, si es estructural.
- **2º color:** Azul, para ambiente seco y verde para ambiente húmedo.

Pueden fabricarse con tres, cuatro y cinco capas.

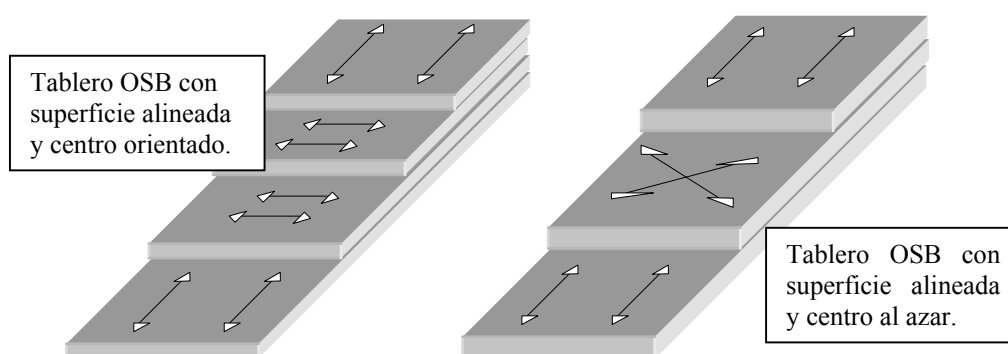
La capa central tiene sus virutas orientadas perpendicularmente (y algunas de manera aleatoria) a las de las caras. En las caras las virutas se orientan en la dirección de la longitud del tablero.

Algo muy importante de estos tableros es que se pueden fabricar con el fin de satisfacer ciertas propiedades físicas o mecánicas, referidas a determinados usos finales, variando la orientación de las virutas.

En Canadá se comercializan tres tipos de tableros (con sus respectivos sellos de calidad APA):

- **APA Rated Sheathing**: para construcción (muros, cubiertas y suelos) y aplicaciones industriales.
- **APA Structural 1 Rated Sheathing**: diseñado para situaciones de resistencia superior en cubiertas y tabiques.
- **APA Rated Sturd-I-Floor**: especialmente diseñado para suelos.

Pero realmente se prevén tres grados en la clasificación que ofrece la norma CAN/CSA 0437.0-M: dos grados de “tableros orientados”: **O-1** y **O-2** y un grado más para el “tablero al azar” (Waferboard) que ya hemos visto.



El tablero con grado O-2 «está reconocido por la NBCC de 1990 como estructuralmente equivalente a la madera contrachapada cuando es utilizado para techos, paredes y pisos».<sup>1870</sup>

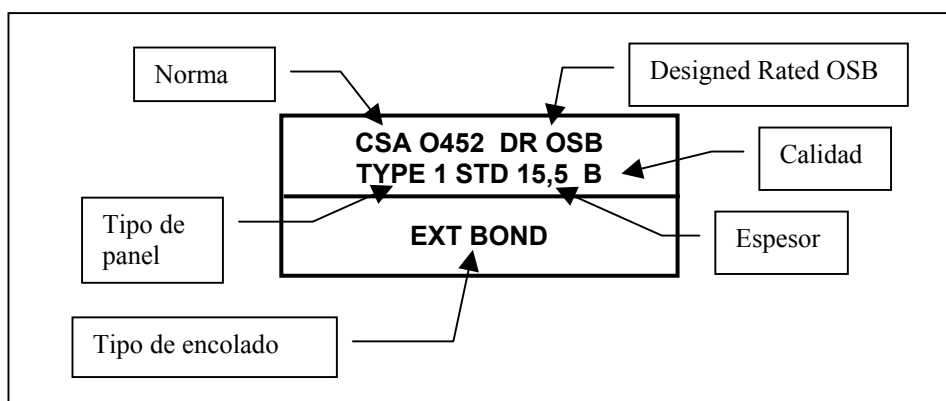
Según la norma CSA O452.O-94 hay tres tipos de “Design Rated OSB”:

- Tipo 1: Standard.
- Tipo 2: Plus.
- Tipo 3: Proprietary (propiedad/propietario).

<sup>1870</sup> “OSB. Industrial and Construction Applications”, Structural Board Association (SBA), 1997, Willowdale, Ontario, Canada, pág. 1.

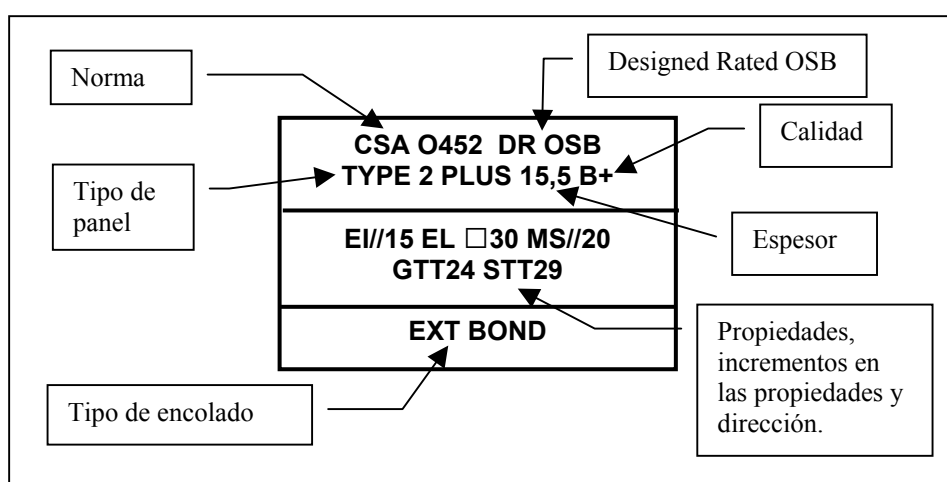
DESIGN RATED OSB <sup>1871</sup> (Tableros OSB clasificados para diseñar)					
Tipo	Calidades			Dimensiones	Grososres (mm)
Tipo 1: Standard <sup>1872</sup>	A	B	C	1220 x 2440 mm, pero pueden producirse otros tamaños.	9,5 11,0 12,5 15,5 18,5 22,0 28,5
Tipo 2: Plus <sup>1873</sup>	A+	B+	C+	(Idem)	(Idem)
	Mismas calidades que el tipo 1 pero con propiedades superiores.				
Tipo 3: Proprietary	No existen ni calidades, ni dimensiones ni grososres concretos, el cliente establece los requisitos.				

El tipo 1 es el más común de los tableros OSB



Sello de los tableros Tipo 1: Standard

El tipo 2 es esencialmente igual que el estándar, pero alguna/s de sus propiedades son superiores.



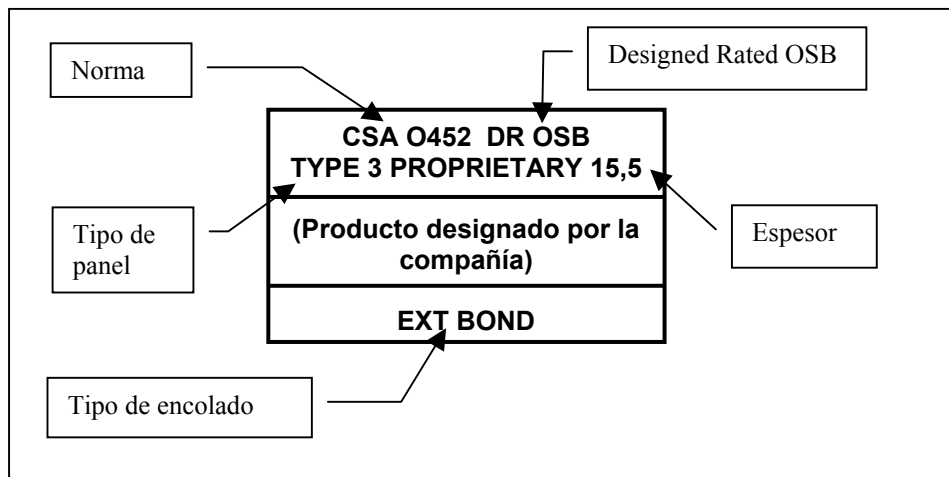
Sello de los tableros Tipo 2: Plus

<sup>1871</sup> "OSB Design manual. Design Rated Oriented Strand Boards, Structural Board Association (SBA), Willowdale, Ontario, Canada, 1995, pág. 3.

<sup>1872</sup> Sus propiedades están detalladas en la norma CSA O86.1-94.

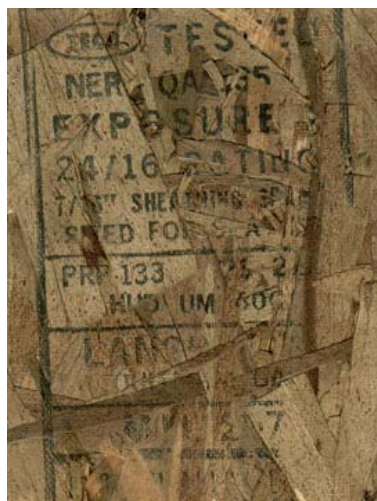
<sup>1873</sup> Ídem.

El tipo 3 son productos hechos a medida que cumplen especiales requerimientos de los clientes.



Sello de los tableros Tipo 3: Proprietary

La resina utilizada en los Design Rated OSB cumple la norma O437.2, asimismo estos tableros pueden ser sustituidos por los tableros OSB tipo O-1, O-2 y el Waferboard R-1 (tableros habituales).



Sello de calidad.

PRODUCTOS COMERCIALIZADOS por SBA				
Compañía	País	Marca comercial	Calidades	
Ainsworth Lumber Company Ltd.	Canadá	<b>Ainsworth OSB</b>	PRP-108 PRS & Sturd-I-Floor.	
			PS2-92 Sheathing,	
			Structural 1.	Single Floor.
			CSA—O325	+ Sanded.
			Web stock.	Rimboard Plus.
			JAS Classes 1, 2, 3 y 4.	
			Stairtread.	Component Stock.
CSC Forest Products Inc.	Escocia	<b>Sterling OSB</b>	EN-300 OSB/2, OSB/3	
Grant Forest Products Inc.	Canadá	<b>Grant OSB</b>	PS2-92	CSA—O325
			Sheathing	Structural 1.
			JAS	Single Floor.
			Web stock	Rimboard
			N-125 Roof Deck	APA & TECO Sturd-I-Floor.
Isoroy S.A.	Francia	<b>Triply Lampeply Isoply OSB</b>	EN-300 OSB/2, OSB/3, OSB/4	+ Sanded
Kronopol Sp. z.o.o.	Polonia	<b>Kronoply</b>	EN-300 OSB/2, OSB/3, OSB/4	+ Underlayment
Lanboard, Inc.	U.S.A.	<b>Langboard</b>	PRP-133.	PS2-92.
			Sheathing	Single Floor
			+ Sanded	
Longlac Wood Industries Inc.	Canadá	<b>Waferweld Multicore</b>	Structural 1	PS2-92 Sheathing
			CSA—O325	CSA—O437 R-1
			+ Sanded.	Underlayment
			Laminating Core Stock.	
Louisiana-Pacific Corporation	Canadá U.S.A.	<b>OSB TechShield</b>	PS2-92	CSA—O325
			Sheathing	Structural 1.
			Single Floor	+ Sanded.
			JAS	Web stock
			Rimboard	
Malette Québec Inc. Panneaux Malette OSB Division	Canadá	<b>XTRA OSB</b>	PRP-133.	PS2-92
			CSA—O325	CSA—O437 0-2
Martco Partnership	U.S.A.	<b>Tuff-Strand</b>	PS2-92 Sheathing	
Norborb Industries Inc. Northwood Panelboard Company	Canadá U.S.A.	<b>Norbord OSB</b>	PS2-92 Sheathing	Structural 1.
			Single Floor	CSA—O437 0-2
			CSA—O325	JAS
			+ Sanded.	Web stock
Slocan Forest Products Ltd.	Canada	<b>Polar Board</b>	PS2-92	CSA—O325
			Sheathing	JAS
			+ Sanded.	Rimboard
			Underlayment	Stairtread
Tolko Industries Ltd.	Canadá	<b>Tolko OSB</b>	PS2-92	CSA—O325
			Sheathing	Structural 1.
			Single Floor	+ Sanded.
			JAS	Substrate/Core Stock (Underlayment)
			Web stock	SIP Stock
Voyageur Panel Ltd.	Canadá	<b>Boise Cascade OSB</b>	PS2-92 Sheathing	CSA—O325
			Rimboard	Web stock
			Structural 1 & Single Floor	

### 9.5.9 Dimensiones.

Puede ser de cualquier tamaño pero la manta suele tener unas dimensiones de 2,54 m de ancho, siendo su longitud ilimitada por su formación continua. Dado que ha de entrar en la prensa, debe cortarse a la medida adecuada, 5,05 m, normalmente. Pero el tamaño de expedición más habitual es de 1220 x 2440 mm (4' x 8').

Gruesos:

- En España se comercializan de 6 a 25 mm pero también los hay de 28,5 mm.

Habitualmente los más corrientes poseen las siguientes medidas:<sup>1874</sup>

Tablero "OSB" estructural			
Tipología	Longitud (m)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
Normal	2,44	1,22	11, 15, 18
Machihembrado	2,44	1,22	12, 15, 18
Tablero "OSB" estructural decorativo			
Tipología	Longitud (m)	Ancho (m)	Grosor (mm)
Normal	2,50	1,25	12, 15, 18

Bajo pedido pueden ser de tamaños superiores: La SBA canadiense puede fabricarlos de 2440 x 7320 mm (8' x 24') y se utilizan en aplicaciones industriales, pero algunos aserraderos fabrican paneles maestros de grandes dimensiones: 3660 x 7320 mm (12' x 24').

- Los de la SBA (Canadá):

Tipología	Grosor de los tableros (mm)								
Grado O-1	6,35	9,5	11,1	—	12,7	—	15,9	—	19,0
Grado O-2	7,5	9,5	11,0	12,0	12,5	15,0	15,5	18,0	18,5

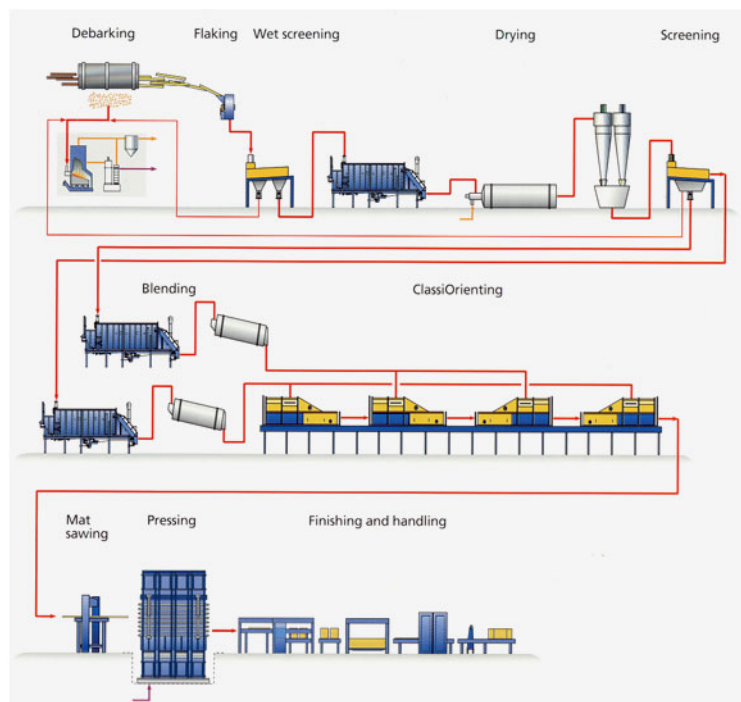
<sup>1874</sup> Información técnica en "Tableros estructurales y decorativos. Tableros OSB", Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.



Estos son los grosores más comunes pero realmente varían de 6,0 a 30,0 mm aproximadamente<sup>1875</sup>: 6,0 (1/4"), 7,5 (5/16"), 9,5 (3/8"), 11,0 (7/16"), 12,0 (15/32"), 12,5 (1/2"), 15,0 (19/32"), 15,5 (5/8"), 18,0 (23/32"), 19,0 (3/4"), 22,0 (7/8"). E incluso pueden ser otros bajo pedido.

- Los de Ainsworth, en particular: 5/16" (7,9 mm), 3/8" (9,5 mm), 7/16" (11 mm), 15/32" (11,9 mm), 1/2" (12,7 mm), 19/32" (15 mm), 5/8" (15,8 mm), 23/32" (18,2 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22,2 mm), 1" (25,4 mm), 1 1/8" (28,5 mm), etc.

Los cantos pueden venir escuadrados a arista viva o machihembrados (T & G). Además van recubiertos por una película que les protege de la humedad.

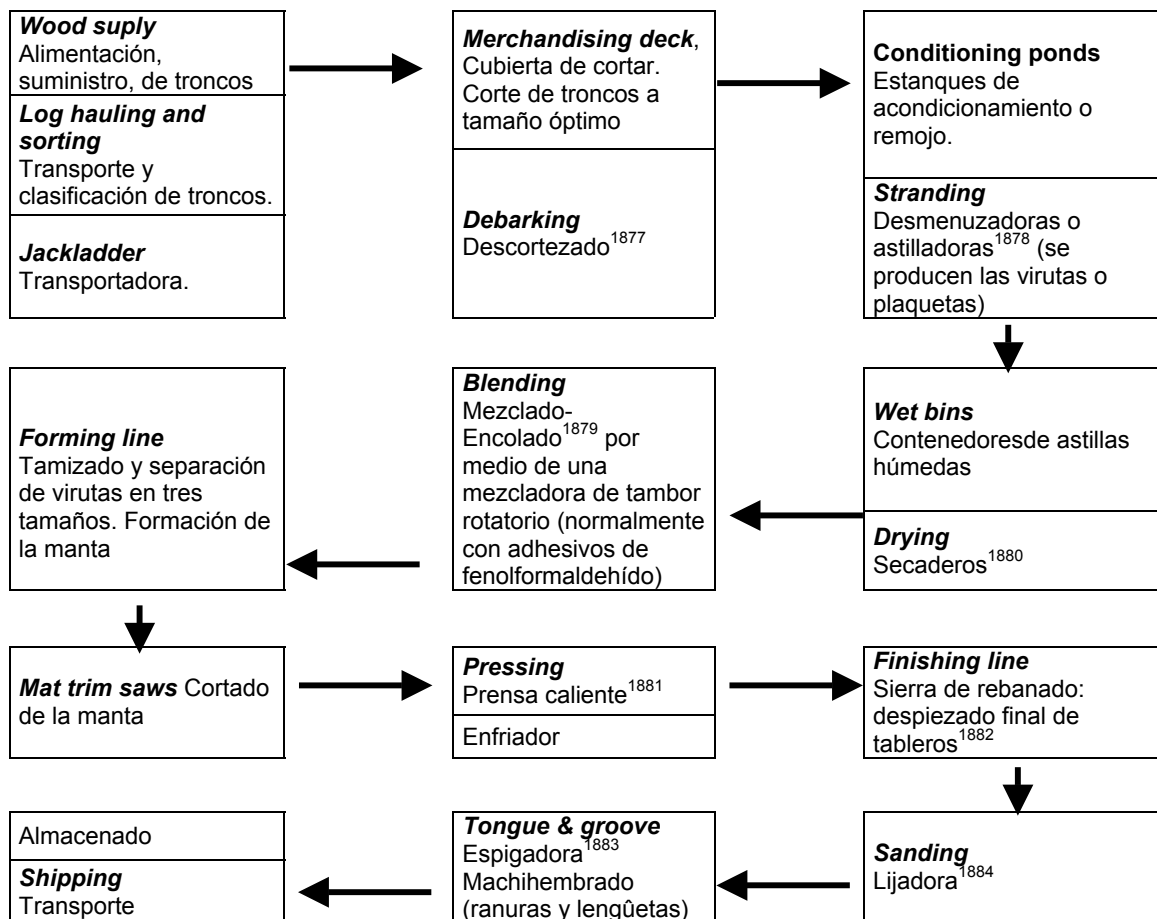


Proceso de fabricación del tablero OSB.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.

<sup>1875</sup> Hay grosores de hasta 28,5 mm, pero bajo pedido especial.

### 9.5.10 Fabricación.

Línea de fabricación<sup>1876</sup>:



<sup>1876</sup> Vid. "Information Sheet-OSB", literatura técnica de Ainsworth Lumber Co. Ltd, Vancouver, British Columbia, Canada, 2000. También puede consultarse el Art. "Una nueva línea de tablero de viruta orientada (OSB) en Europa", Aitim, Enero-Febrero, n° 173, 1995, Aitim, Madrid, pág. 41, en los que se explican esquemáticamente este proceso, referido a unas líneas de producción concretas: en Escocia la del artículo de Aitim y la propia línea de fabricación de la firma Ainsworth Lumber Co. Ltd. Asimismo puede consultarse la información técnica de Valmet Panelboard Oy, "OSB Technology", Loviisa, Finland, 2000. Otros esquemas de producción puede consultarse en "OSB. Industrial and Construction Applications", Structural Board Association (SBA), 1997, Willowdale, Ontario, Canada, págs- 6-7 y "OSB in wood frame construction", Structural Board Association (SBA), Canadian edition 2000, Willowdale, Ontario, Canada, págs. 12-13.

<sup>1877</sup> Descortezadoras de la empresa finlandesa Kone, por ejemplo.

<sup>1878</sup> Astilladoras de disco de la casa canadiense Cae.

<sup>1879</sup> Trabajan dos encoladoras: una para las capas exteriores y otra para la interna.

<sup>1880</sup> Secaderos de tambor rotatorio, de la casa británica Mec. Bajan la humedad del 60 al 6% en tres minutos.

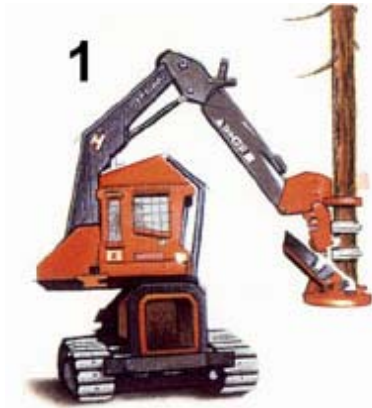
<sup>1881</sup> Prensa de la firma alemana Siempelkamp.

<sup>1882</sup> Despiezadora de la firma italiana Giben.

<sup>1883</sup> De la empresa finlandesa Torwegge.

<sup>1884</sup> De la casa alemana Visón.

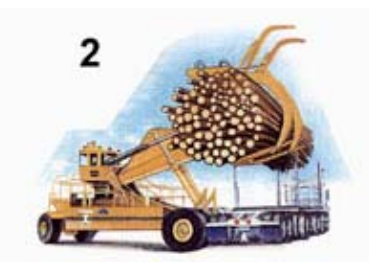
El proceso comienza con la entrega de los troncos a las instalaciones.



Tala de troncos.  
Cortesía de Ainsworth Lumber  
Co.Ltd.

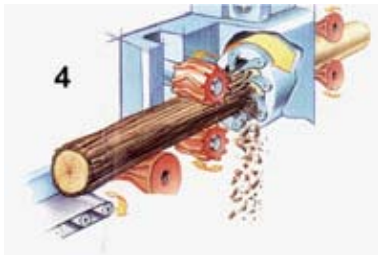
Una vez que los troncos son entregados se cortan en tamaños apropiados y se les quita la corteza<sup>1885</sup>.

Dicha corteza se utiliza como combustible para proporcionar la energía necesaria a todas las instalaciones.



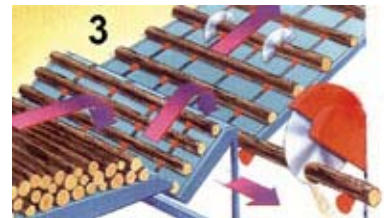
Carga de troncos.  
Cortesía de Ainsworth Lumber  
Co.Ltd.

Después del descortezado se envían a unos estanques de acondicionamiento antes de la obtención de las virutas. Estas se obtienen



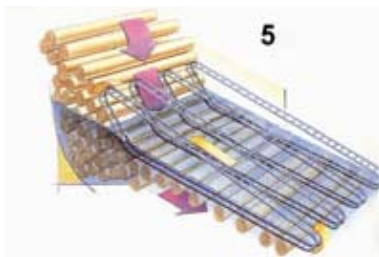
Descortezado de troncos.  
Cortesía de Ainsworth Lumber  
Co.Ltd.

cortando los troncos en virutas paralelas al grano de la madera.



Troceo de troncos.  
Cortesía de Ainsworth Lumber  
Co.Ltd.

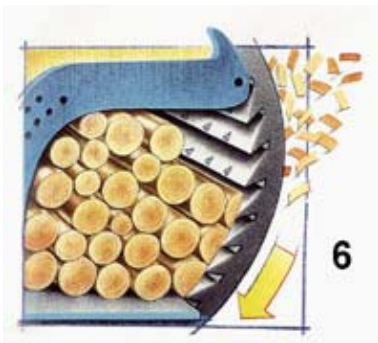
El tamaño de viruta de los tableros canadienses, según cifras ofrecidas por Ainsworth Lumber Co. Ltd., es el que sigue: 1 pulgada de ancho (25,4 mm), 3 pulgadas de longitud (76,2 mm) y 0,025 de pulgada de grosor (0,635 mm). En tableros de otras firmas las dimensiones son bastante parecidas, oscilando la longitud entre 75-85 mm (a veces hasta 100 mm o 4”), el ancho de unos 25 mm y el grosor de 0,7 mm (siempre es inferior a 1 mm).



Acondicionado de troncos.  
Cortesía de Ainsworth Lumber  
Co.Ltd.

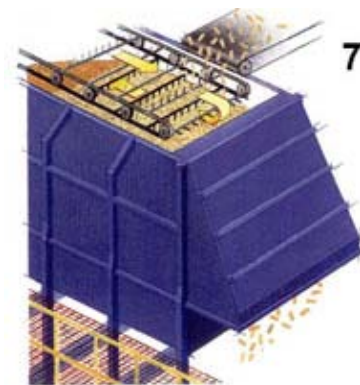
<sup>1885</sup> También pueden ponerse a remojo los troncos antes de descortezarlos para así facilitar la operación y posteriormente cortados a los tamaños apropiados.

De aquí se llevan las virutas (húmedas) a unos contenedores que alimentan



Formación de virutas.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

constantemente, de estas astillas, a los secadores. Dichos secadores utilizan para el secado de las astillas el aire caliente producido en sus propias instalaciones.



Virutas húmedas.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

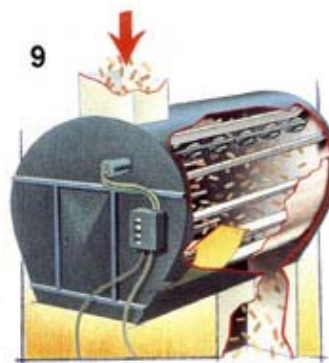


Secado de virutas.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

Estos secadores tienen forma de tambor y unas dimensiones comunes de unos 3 metros de diámetro (10') y 18 metros de longitud (60'). Son secaderos de triple

paso que aseguran un control preciso de la humedad a temperaturas muy bajas.

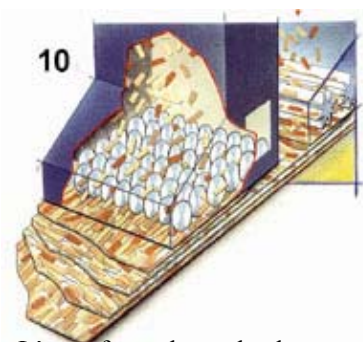
Todo el aire y los gases producidos durante los distintos procesos son depurados bajo estrictos controles antes de ser arrojados de nuevo a la atmósfera.



Encoladora.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

Una vez que las astillas están secas son alimentadas a través de una batidora o mezcladora en forma de tambor rotativo, donde el adhesivo y la cera son aplicados a las astillas. El adhesivo (fenólico) y la cera emulsionada son atomizados por medio de discos giratorios a velocidades de 15.000 RPM que aseguran su distribución uniforme.<sup>1886</sup>

<sup>1886</sup> En el año 2001 se dio un paso adelante en la fabricación del OSB por parte de Metso Panelboard: "Para el secado la empresa recomienda encarecidamente el secadero de un solo paso, puesto que trabaja a bajas temperaturas (300-450° C) con un tiempo de retención mayor, reduciendo significativamente los niveles de emisión de VOC. El secadero de tambor evita el tratamiento brusco de las partículas grandes, asegurando que no se dañen y da lugar a un riesgo de incendio bajo. Los finos se separan, se criban de nuevo y se encolan separadamente en una máquina encoladora ProMax antes de ser introducidos en el flujo de partículas del núcleo. Este método hace mejorar el rendimiento



Línea formadora de la manta.

Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

Estas astillas cargadas de cola y cera forman una manta o estera continua de forma orientada.

Dicha manta se orienta en cuatro

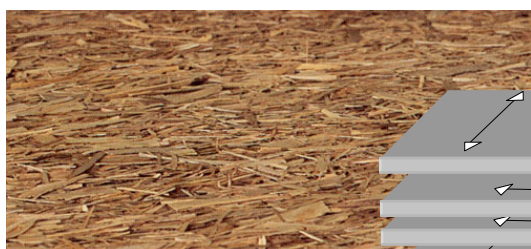
capas: dos caras,

(superior e inferior) y dos capas de

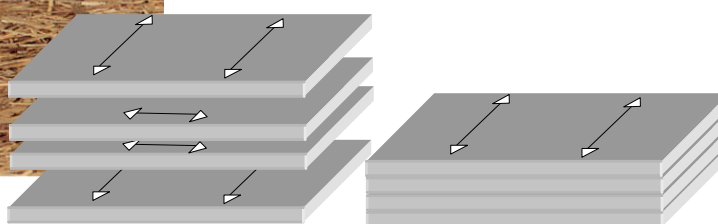
corazón (en el centro). La dirección de las astillas de las caras y corazón forman entre sí 90°. Esta formación es la que aporta al OSB su gran fuerza estructural.



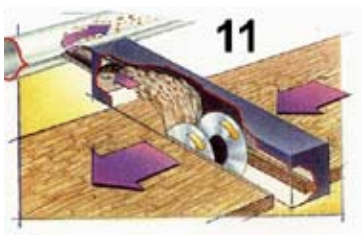
Mat de tablero OSB.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



Detalle mat OSB.  
Cortesía de Valmet Panelboard Oy.



La orientación de las virutas se controla y de ello depende el producto final. Las virutas de las caras están orientadas en un 70% y siguen la dirección longitudinal.<sup>1887</sup> Puede utilizarse para ello las ClassiOrientor de Valmet. Pero las capas internas también pueden distribuirse aleatoriamente.



Corte de la manta.

Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

Esta manta continua se corta en grandes piezas rectangulares, habitualmente de 9 pies (2,74 m) de anchura y 24 pies (7,31 m) de longitud. Estas medidas de las mantas permite

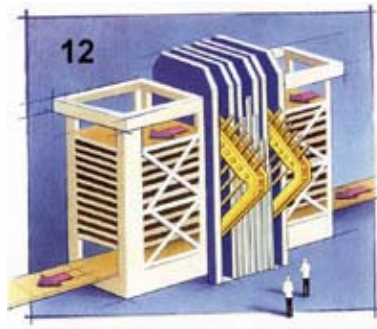
de la materia prima en un 5-10%, sin menoscabo de las propiedades mecánicas del tablero y reduce el consumo de cola porque los finos absorberían mucho producto si fuesen encolados junto con las partículas de tamaño normal ("Metso Panelboard", *Aitim*, nº 210, marzo-abril, Aitim, Madrid, 2001, pág. 74).

<sup>1887</sup> De esta manera las propiedades se incrementan en esa dirección (longitudinal) y disminuyen en la transversal.



recortarlas con comodidad en sus medidas finales. Todos los recortes son reciclados posteriormente.

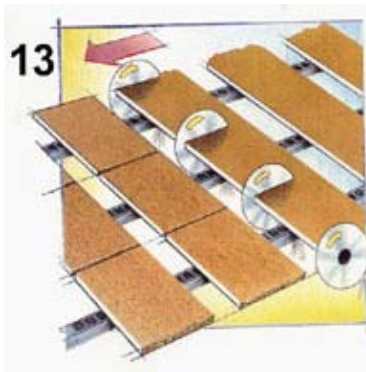
Las mantas son cargadas dentro experimentan presión (temperatura: 215°, y un tiempo de minutos) que astillas, de forma un panel estructural.



Prensa.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

cortadas (a 9 x 24 pies) de la prensa donde y alta temperatura una presión de 350 bar. prensado de 2 a 7 mantienen unidas esas permanente, formando

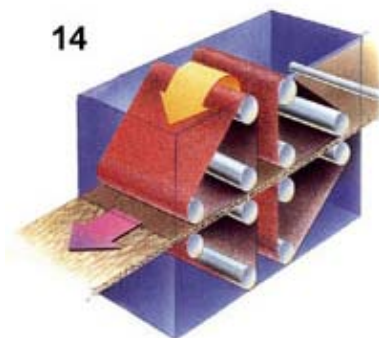
Prensas como la de Ainsworth en Vancouver producen 12 paneles en cada prensado. Esta prensa utiliza el sistema “tempasonic” para el control del grosor, la forma de medida del grosor más moderna que existe.



Dimensionado de paneles.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.



Dichos paneles salen de la prensa y se envían a la línea final donde son cortados en los tamaños especificados, lijados posteriormente por medio de seis cabezales, machihembrados o no según necesidades y empaquetados. Finalmente, los paneles resultantes son transportados por medio de una carretilla elevadora y almacenados en espera de ser enviados a los clientes.



Lijado de paneles.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.

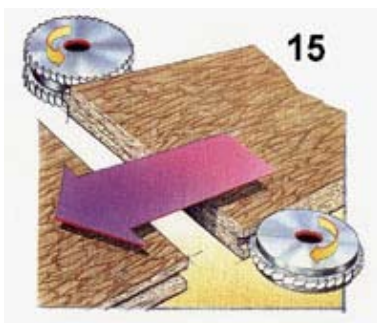
Si se desea con superficie no deslizante (usado en construcción) el tablero aparecerá con una superficie rugosa, debida a unos relieves de los platos de la prensa.

El tablero se compone de tres ingredientes fundamentales: Madera en virutas, adhesivo y cera:

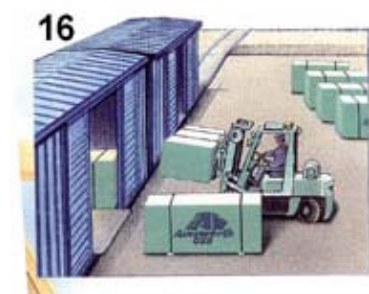
The wood makes up the majority of the panel and is what gives it strength; the glue bonds the particles of wood together and the wax assists with resistance to moisture.

The manufacturing process is flexible and is why OSB is also referred to as an **engineered wood product**. When breaking the wood down into particles and bonding them back together there are many processing steps which can be altered during manufacturing to give the finished OSB pre-designed or engineered properties.<sup>1888</sup>

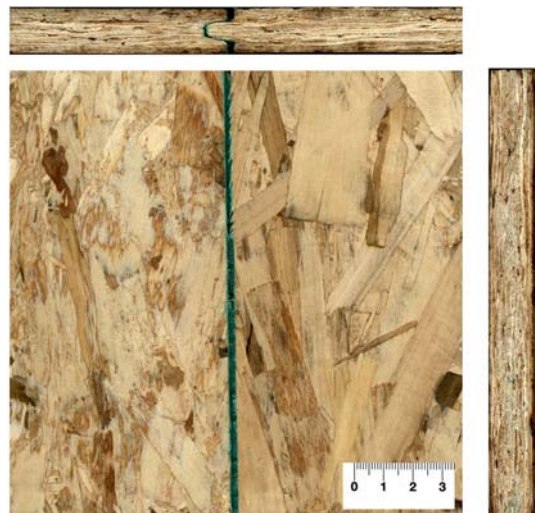
Como puede apreciarse cada elemento tiene una misión concreta y, además, puede obtenerse “casi” un tablero a la carta alterando el proceso de manufactura, prediseñando las futuras propiedades



Machihembrado de paneles.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.



Transporte de paneles.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.Ltd.



Tablero OSB machihembrado.  
Muestra remitida por Ainsworth Lumber Co. Ltd.

<sup>1888</sup> “Information Sheet-OSB”, literatura técnica de Ainsworth Lumber Co. Ltd, Vancouver, British Columbia, Canada, 2000.

### 9.5.11 Materiales.

#### 9.5.11.1 Especies utilizadas.

De crecimiento rápido, y también especies que tengan un menor valor económico. Esto lleva implícito un mayor aprovechamiento de los recursos. Pino silvestre, pino laricio, picea y chopo son las especies más utilizadas. Realmente pueden utilizarse tanto coníferas como frondosas, solas o combinadas entre sí. En Norteamérica (EE.UU. y Canadá) es corriente utilizar especies como aspen (álamo temblón) en troncos de pequeño diámetro, poplar (chopo o álamo blanco), birch (abedul), lodgepole pine en la parte norte, mientras que en la parte sur se utiliza más el southern yellow



Bosque de abedules en Finlandia.  
Cortesía de Schauman.Wood Oy.

pine (pino amarillo del sur). En Sudamérica: *Pinus Tadea*.

En la primavera de 2001 se llevaron a cabo, por parte del CSIRO Forestry & Forest Products de Australia, pruebas con astillas de ocho especies diferentes de eucalipto de 8 – 10 años de edad. Aunque como hemos dicho anteriormente Australia no fabrique OSB.<sup>1889</sup>

#### 9.5.11.2 Adhesivos.

Los mismos que se utilizan para los tableros de partículas: de tipo aminoplástico, fenol-formaldehído y resinas reforzadas. También se usan adhesivos de isocianato. Las resinas se añaden en forma líquida o en polvo.

---

<sup>1889</sup> George Freischmidt, “Board production from short-rotation eucalyptus *Onwood*, Spring, nº 34, CSIRO Forestry & Forest Products, 2001, Australia, pág 3.. Véase también de Bob Coutts, “An alternative to plywood”, *Onwood*, Summer, 1996-97, CSIRO Forestry & Forest Products, Australia, pág 2.



Las emisiones de formaldehído son despreciables.

En los 90, Forintek termina los trabajos conducentes a la obtención de adhesivos de la lignina para su aplicación en los tableros OSB y Waferboard.<sup>1890</sup>

La novedad viene en 2000 cuando la empresa Bakelite lanza adhesivos basados en taninos, como materia prima renovable, para los tableros OSB 4 (según EN 300).<sup>1891</sup>



OSB en paneles informativos.

### 9.5.11.3 Aditamentos.

Principalmente cera.

### 9.5.12 Usos.

Fundamentalmente estructurales. En la



Vigueta OSB.  
Cortesía de Ainsworth  
Lumber Co. Ltd.

construcción  
(encofrados, muros o  
cerramientos  
verticales, cubiertas,  
estructural, suelos,  
vigas en doble “T”,  
etc.) muebles (como  
corazón del tablero,  
aunque también los

hay con el OSB visto), embalaje, montajes de exposiciones, cuerpos de camiones, bastidores, moldes, vallas de construcción, etc.



“Coloured Chips”. De Tamás A. E. Von Staden. USA. Fotografía de Seppo Kaksonen. 1996.  
Cortesía de PUU.

<sup>1890</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 98.

<sup>1891</sup> “Nuevas resinas de Bakelite”, *Aitim*, nº 203, Enero-Febrero, 2000, Aitim, Madrid, pág. 15.



Utilización del OSB en cubiertas.  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co.  
Ltd.

### 9.5.13 Otros productos derivados del OSB.

- **Inner Seal** (Sellado interior) de Louisiana Pacific Corp.: un panel de 3 capas con una imprimación de papel Kraft impregnado de resina con 2 tipos de superficie plana y simulando la veta de la madera.

- International Paper's Co.: comercializa unas planchas que se colocan traslapadas en revestimientos de fachadas.

- **Omniwood** de Massonite División: que es un OSB compuesto por 3 capas recubierto por una capa de tablero de fibras de densidad media.

- Tablero de viruta estabilizada que comercializa Grant Forest Products, se fabrica con 6 capas.

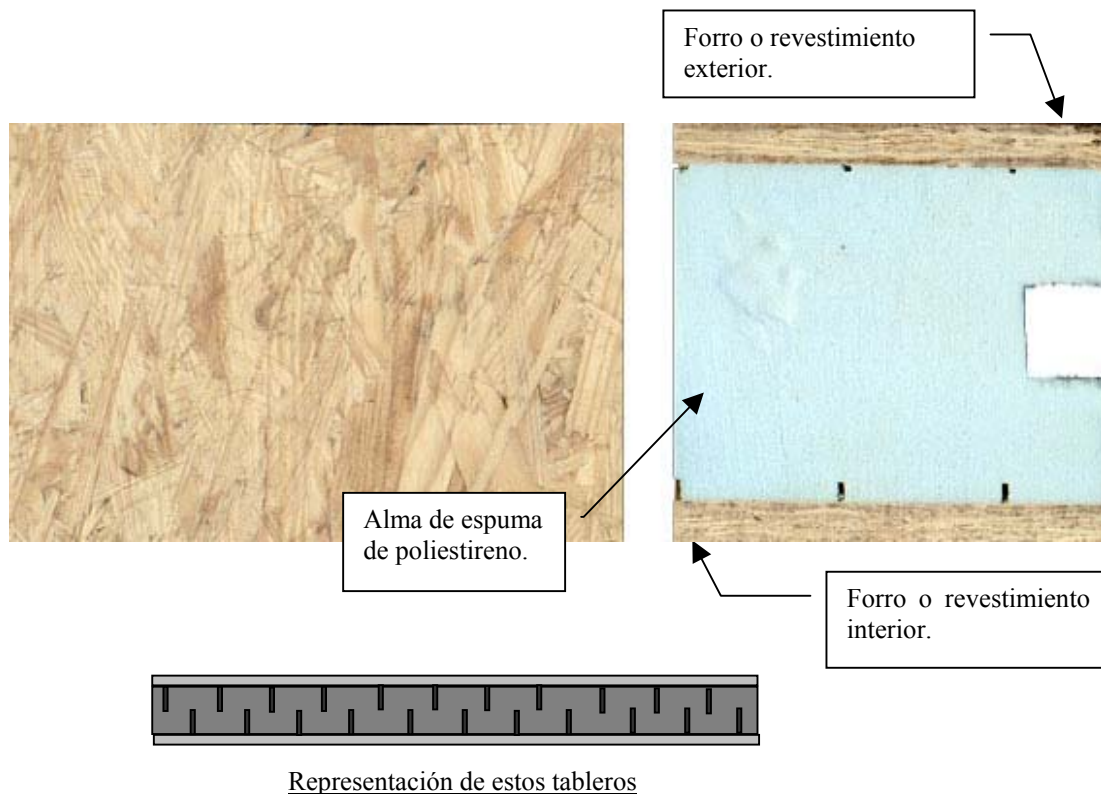
- **Oxboard** que produce Potlatch Corporation que fabrica un tablero con 5 capas alternadas perpendicularmente y con un acabado exterior de una resina líquida fenólica para uso exterior.

- **Structureframe** Y **ultraspan** de Weyerhouser desarrollados para la industria del mueble, ambos más ligeros y delgados que los aglomerados que se emplean en encimeras y piezas similares.<sup>1892</sup>

---

<sup>1892</sup> “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, n° 178, Noviembre-Diciembre, 1995, Aitim, Madrid, pág. 43.

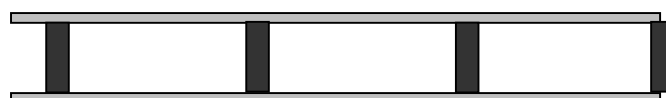
- **Structural Insulated panels** (SIPS). De SBA. Muy utilizado también el tablero aislante estructural tipo sandwich, que se compone de dos caras de tablero OSB y un alma de poliestireno extrusionado, y que por sus buenas cualidades de resistencia térmica, al fuego y facilidad de instalación se ha convertido en un elemento importantísimo en la construcción.

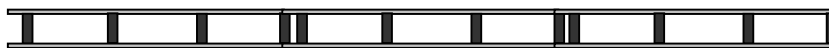


Dimensiones de estos tableros: De 1220 x 2440 mm (4' x 8') a 2440 x 7320 mm (8' x 24').

Estos paneles se fabrican en EE.UU. y Canadá en modernas plantas que controlan constantemente la calidad por medio del Canadian Construction Materials Centre (CCMC).

+**-Stressed-skin Panel.** Se construye encolando dos tableros a unas vigas de madera maciza para, de esta manera, formar un composite. Pueden construirse paneles de 2400 x 7300 mm.





- **OSB Compuestos:** Formados por caras de chapa y alma de OSB. No es muy corriente ya que pierde lo estético del OSB, aunque, evidentemente es más resistente, pero puede mostrar el aspecto de cualquier especie con la que recubra. Es común que el alma de OSB sea de pino amarillo del sur de los EE.UU.

## 9.6 PSL (Parallel Strand Lumber).

Otras denominaciones para el PSL<sup>1893</sup>: **Madera laminada en tiras. PARALLAM.**

### 9.6.1 Definición.

Material que utiliza tiras de chapa de madera de especies resinosas, para su fabricación, encoladas en sentido longitudinal y prensadas.

### 9.6.2 Historia.

El PSL es un producto desarrollado por la firma canadiense MacMillan Bloedel Ltd. y está patentado con el nombre comercial de "Parallam".<sup>1894</sup> Entra dentro de la categoría de madera reconstituida.

Se presentó en la Exposición Mundial de Vancouver 86.

Se comercializa a finales de los años 80.

### 9.6.3 Características.

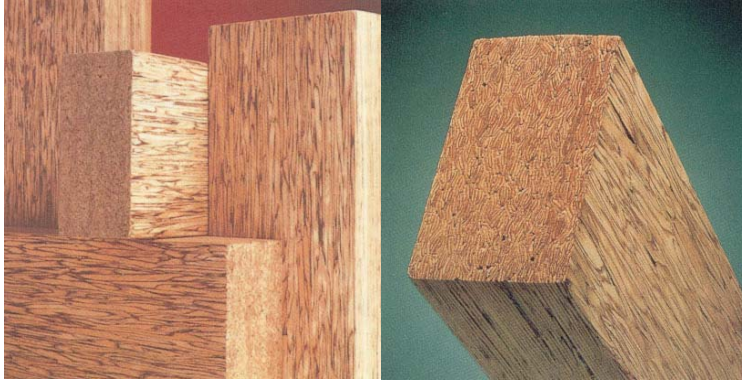
Este material tiene unas resistencias muy superiores, a igualdad de escuadría, que la madera natural.

---

<sup>1893</sup> Fibras de madera paralelas.

<sup>1894</sup> Producto fabricado Trust Joist MacMillan, Timber S.L. ("Especial Canadá", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993, pág. 112).

Apenas se aprecia en él cambios dimensionales como alabeos, fendas,



contracciones, etc. Es por ello muy estable dimensionalmente hablando.

Puede cortarse a cualquier tamaño ya que se trabaja como la madera maciza. Recibe bien los lijados,

Parallam.

Trust Joist MacMillan. *Aitim* Canadá, nº 162, 1993

tintes, barnices, etc.

Estéticamente muy interesante ya que produce multitud de líneas de encolado oscuras.

#### **9.6.4 Materiales.**

Fundamentalmente chapas de madera y adhesivos.

##### **9.6.4.1 Especies.**

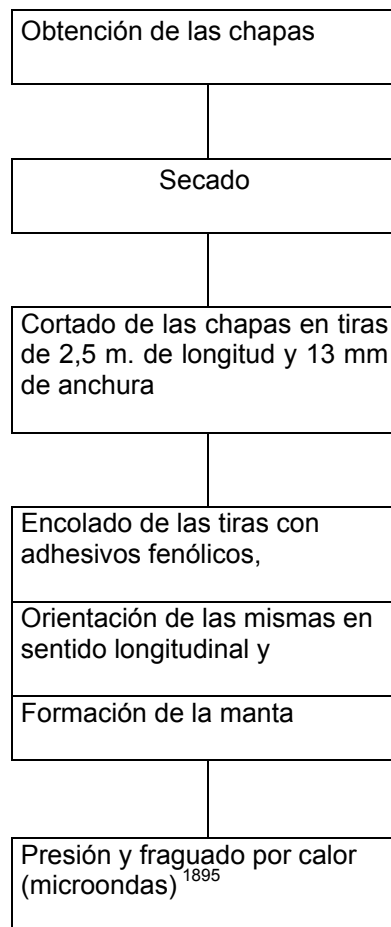
Tiras de madera obtenidas de árboles pequeños. Son habituales especies como Douglas Fir y Southern Yellow Pine (Pino Amarillo).

Sus dimensiones: grosor de las tiras: 2 – 4 mm. Longitud: hasta 2,5 m. Anchura: 13 mm.

##### **9.6.4.2 Adhesivos.**

Resinas fenólicas.

### 9.6.5 Línea de fabricación.



### 9.6.6 Dimensiones.

Su longitud suele ser igual o menor de 24 m fundamentalmente por motivos de transporte.

Escuadría más habitual: 280 x 406 mm, pero es posible unir piezas entre sí para formar otras de mayor escuadría.



Vigas de parallam.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

Se distribuye con las siguientes dimensiones<sup>1896</sup>:

<sup>1895</sup> Según “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, nº 178, Nov-Dic., 1995, Aitim, Madrid, pág. 41. En los años 80 se utilizaba una prensa continua tipo Küster (“El mundo de la madera”, *Acomat*, nº 49, Nov-Dic, 1987, Acomat, Madrid, pág. 46.



Vigas			Pilares		
Espesor (mm)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud (m)
89	89	89	89	89	12
89	89	133	89	133	12
89	133	133	133	133	12

También en espesores de 45 y 177 mm.

### 9.6.7 Usos.

Principalmente como vigas, cubiertas, columnas, etc., en la construcción. Pueden sustituir perfectamente a las vigas de grandes dimensiones, incluso a la madera laminada.

Tenemos un ejemplo en el Parque Temático de la Warner en Madrid: en los travesaños de la montaña rusa se colocaron piezas de PSL.



Parallam-TJI.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

### 9.6.8 Otros productos.

- Madera en chapas o tiras paralelas: PSL 300 o Timber Strand.<sup>1897</sup>

<sup>1896</sup> Información técnica en “Parallam”, Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.

<sup>1897</sup> Vid “Especial Canadá”, Aitim. *Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 117.

- Tiras de 30 cm de longitud.
- Tiene la ventaja de que las especies que se usan en (Canadá) son especies que hasta ahora se explotaban poco, como el chopo.
- Es de resistencia inferior al Parallam y se utiliza en carpintería para puertas y ventanas.

### 9.6.9 Empresas fabricantes.

Intrama.

## 9.7 LSL (Laminated Strand Lumber).

Otras denominaciones para el LSL<sup>1898</sup>: **LIGNUM STRAND**.

### 9.7.1 Características.

Es un producto que está a caballo entre el OSB y el PSL: «la fabricación es similar al OSB pero las tiras son de mayor esbeltez (longitud de 30 cm en lugar de 10 cm)»<sup>1899</sup>

El *Lignum Strand* tiene una densidad de 650 Kg/m<sup>3</sup>.

Presenta en general características similares a las coníferas.

### 9.7.2 Historia.

Aparece a mediados de los años 80 en la costa oeste de EE.UU.

En España lo presentó Carsal a principios de 2000 pero comienza su fabricación a principios de 2002 por la empresa Tabsal Composites de Madera, S.A. Lo desarrolla con el nombre de *Lignum Strand*.

La idea comenzó por el año 1996.

---

<sup>1898</sup> Perfiles de virutas de madera laminadas.

<sup>1899</sup> “Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural”, *Aitim*, n° 178, Nov-Dic., 1995 Aitim, Madrid, pág. 41.



### 9.7.3 Materiales.

- Tiras de unos 30 cm de longitud encoladas entre sí.
- Fundamentalmente en la dirección longitudinal.
- Pueden emplearse todo tipo de especies, sobre todo las de ciclo corto.
- En el caso del ***Lignum Strand***:
  - Viruta de madera de chopo español.<sup>1900</sup>
  - Los adhesivos son del tipo isocianato (MDI).

### 9.7.4 Proceso de fabricación.<sup>1901</sup>

Similar al PSL.

Se parte de trozas de 2,40 m.

Baño a 50-60° C.

Troceado con largos de 600 mm.

Pasan a un molino para la obtención de la viruta por medio de un cepillado.

La viruta es de sección triangular<sup>1902</sup> con unas dimensiones de: longitud de 300 mm y anchura de 15 a 25 mm.

Pasa a una cinta transportadora y de ahí se secan y tamizan almacenándose posteriormente en un silo.

---

<sup>1900</sup> Según Aitim «se descartó la utilización de viruta de pino porque el producto obtenido presentaba mayores huecos por la dificultad de compactado que presenta» (“Lignum Strand. Nuevo producto para uso estructural”, *Aitim*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 11).

<sup>1901</sup> Vid. proceso completo en “Lignum Strand. Nuevo producto para uso estructural”, *Aitim*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, págs. 12-13.

<sup>1902</sup> «La sección triangular de la viruta presenta ciertas ventajas en la compactación del producto en comparación con la viruta de sección rectangular, ya que en el cruce de virutas la suma de dos secciones triangulares deja menor escalón» (“Lignum Strand. Nuevo producto para uso estructural”, *Aitim*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, págs. 12).

Son encoladas con colas de isocianato (de 2 a 7%) y en la formadora se prepara la manta con la fibra orientada. La manta tiene una longitud de 7,5 m.

De ahí se pasa a la típica prensa de platos calientes donde le inyectan vapor a 150° C para que fragüe la cola (45-60 segundos) y se le aplican presiones de 15 Kp/cm<sup>2</sup>.

Se calibra por medio de lijadoras y se corta a los tamaños requeridos.

#### **9.7.5 Dimensiones.**

El producto final (el *Lignum Strand*) tiene las siguientes dimensiones:

- Longitud: 7,5 m, en la actualidad.
- Anchura máxima: 620 mm.
- Grosor: entre 30 y 100 mm.

#### **9.7.6 Firmas que lo comercializan.**

*Lignum Strand:*

Tabisal Composites de Madera, S.A.

Fax: 948-50-09-32

#### **9.7.7 Usos.**

Estructurales principalmente: construcción, muebles, decoración, etc.

Por su escasa anchura no es muy apto como tablero, pero puede utilizarse como panel sándwich, para soportes de pequeño formato, bocetos, etc.

Si su densidad baja puede tener usos aislantes.

En gruesos grandes puede sustituir a la madera aserrada en vigas y viguetas.

## 10 Otros materiales Y productos derivados de la madera.

### 10.1 Otros tableros.

Productos novedosos, como estos, se van abriendo paso cada día con las investigaciones más recientes.

#### 10.1.1 Tableros contrachapados de bambú.

Tableros desarrollados en Japón con características similares a los otros tableros contrachapados.

La empresa fabricante es Bang Corp.<sup>1903</sup>

#### 10.1.2 Tableros de paja.

Otra denominación: **Planchas prensadas de paja.**<sup>1904</sup>

Cumplen con las exigencias técnicas igual que otros tableros: aglomerados de partículas y virutas, gracias a que sus fibras están encoladas con un adhesivo de poliuretano (PUR). Nos referimos a un adhesivo de Bayer llamado Desmodur: «(...) que penetra y ancla mecánicamente en las superficies de los productos naturales que presentan una capa de cer-silicato impermeable al agua».<sup>1905</sup>

Características de estos tableros:

- Es más ligero que los de madera.
- Se trabaja con las mismas herramientas que la madera.
- Por el tipo de adhesivo que lleva puede emplearse en interior y exterior.
- Usado en mobiliario.

---

<sup>1903</sup> “Tablero contrachapado de bambú”, *Aitim*, nº 203, ene-feb, 2000, Aitim, Madrid, pág. 12.

<sup>1904</sup> Vid. “Muebles de paja prensada”, *Aitim*, nº 195, sep-oct, 1998, Aitim, Madrid, pág. 16.

<sup>1905</sup> Ídem, pág. 16.

### 10.1.3 Combinaciones de chapa o contrachapado y fibrocemento.

Otra denominación: **Chapa-tablero de amianto. Chapa-“Uralita”. Xilolita.**

Se trata de una chapa/contrachapado de madera, unida a un tablero de fibrocemento por medio de un encolado con resinas fenólicas.

XILOLITA: Contrachapado con revestimiento de fibrocemento en ambas caras.

Usos: protección contra el calor.

En Maderas Medina comercializan un tablero de fibrocemento que consiste en fibra de celulosa (en lugar del cancerígeno amianto) y cemento. Sus dimensiones habituales son: en tablero: 2,44 x 1,22 m y en tiras de 3660 x 240 mm.<sup>1906</sup>

### 10.1.4 Combinaciones de chapa o contrachapado y chapa de metal.

Comienzan durante la Segunda Guerra Mundial con la utilización de un adhesivo especial «(...) fabricado solamente en Cambridge, que se distingue por su fuerza [epoxi]. Durante la guerra fue utilizado para ajustar ciertas partes de madera y metal en los aviones mosquito.»<sup>1907</sup> Posteriormente este adhesivo se utilizará para la fabricación de un producto, denominado **VENDURA**, que se obtiene por la combinación de contrachapado con un refuerzo de aluminio.

En los años 50 existían dos productos de madera que incluían láminas de metal en su composición.

#### ▪ El **METAL LIGADO**:

El metal ligado es una chapa de madera ligada a una base metálica. En este procedimiento se suelda tela de algodón al acero con soldadura de zinc y luego se pega a chapa fina de madera con hojas de resina fenólica. La utilidad de este producto es que pareciendo madera (incluso en el tacto),

---

<sup>1906</sup> Información técnica en “Revestimientos exteriores. Fibrocemento”, Maderas Medina, Madrid-Toledo, 2000.

<sup>1907</sup> P.W. op. cit., pág. 243.

puede trabajarse a mano y a máquina como el acero.  
Resistente al fuego (...) <sup>1908</sup>

- El **PLYMETAL**. **Contrapeado de metal o tablero chapado de metal**: aquí el contrachapado se cubre con una chapa metálica.

Estos tableros fueron muy empleados durante la IIª Guerra Mundial en la fabricación de aviones. Podían ser de dos clases: la más habitual era el forrado de un contrachapado con una o dos chapas metálicas de acero, cobre, latón. Aluminio, plomo, zinc y aleaciones. La otra posibilidad es la colocación de una o dos chapas en el interior del tablero.

En la actualidad es más común esta última combinación a la hora de fabricar **TABLEROS BLINDADOS**, cajas de camiones, etc. También se les denomina **tableros metálicos**.

Los **tableros de madera-aluminio** también pueden utilizarse como soporte siempre y cuando tengamos en cuenta algunos consejos que nos ofrece Aitim: <sup>1909</sup>

- El forrar una madera con una chapa de aluminio conlleva problemas de condensación de vapor de agua en la cara del aluminio que está en contacto con la madera, ya que queda retenida por el aluminio. Se soluciona con orificios que aseguren una correcta ventilación.
- Hay que tener en cuenta, como ocurre con las placas bimetales, que son materiales con distinta dilatación y por eso sus uniones han de ser lo suficientemente elásticas.

Es evidente que al encolar madera y metal, utilizando prensas de platos calientes, se producen en ambos materiales reacciones totalmente diferentes. En la madera se produce una contracción y en el metal una dilatación, esto puede acarrear, entre otros, problemas de encolado.

---

<sup>1874</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 188.

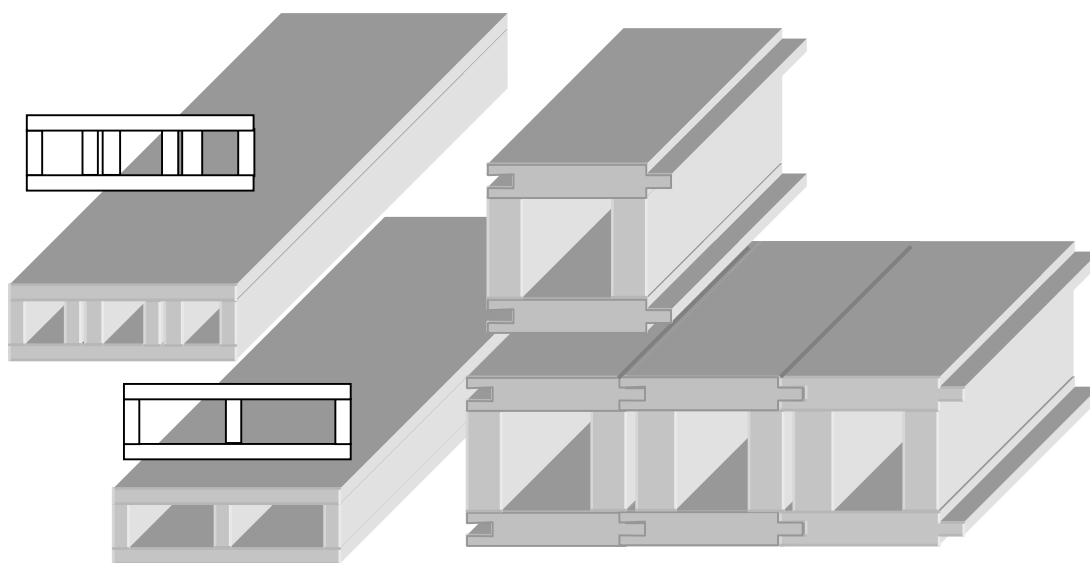
<sup>1909</sup> Aitim, 1995, Enero-Febrero, nº 173, Aitim, Madrid, pág. 38.

### 10.1.5 Elementos estructurales huecos.

- **Forjados de madera en casetón.**

Los comercializa la firma Lignatur y los presentó en la 2ª Feria de la construcción de viviendas con eficiencia energética, celebrada en Biel, Suiza, en noviembre de 1999.<sup>1910</sup>

Son forjados hechos con madera maciza en forma de casetón. Como se destinan a forjados, tienen grandes longitudes.



Este tipo de material podemos considerarlo como el equivalente en madera de las placas aligeradas de hormigón para forjados autorresistentes. Estos sistemas empleados en la construcción logran un ahorro de tiempo cinco veces mayor que otros sistemas constructivos.<sup>1911</sup>

Se trata de un material estéticamente apto para nuestros intereses artísticos. En sentido estructural no hay problema ya que está diseñado para resistir esfuerzos muy superiores a nuestras necesidades.

---

<sup>1910</sup> Francisco Arriaga, “Minergie, Feria de la construcción de viviendas con consumo mínimo de energía”, *Aitim*, nº 203, ene-feb, 2000, Aitim, Madrid, pág. 37.

<sup>1911</sup> Un ejemplo lo tenemos en las “Placas aligeradas Arriko” de Arriko, S.A.

- Otro material muy interesante son las vigas huecas de madera: **Wooden Hollow Beam**.

Su potencial técnico y estético es tremendo y, como puede observarse en las imágenes, los perfiles existentes dan mucho juego plástico.



- **Construcción de piezas con LVL.**

Forintek tiene patentado un poste hueco de sección rectangular o cuadrangular, construido con piezas de LVL enlazadas mediante uniones dentadas.<sup>1912</sup>

## 10.2 Otros materiales derivados de la chapa de madera.

Algunos de ellos no son sencillos de conseguir pero decorativamente pueden ser muy útiles.

### 10.2.1 Chapas de madera reconstituida.

Otras denominaciones: **Alpilignum**.<sup>1913</sup>

Se parte de chapas equilibradas de diferentes especies tanto frondosas como tropicales.

<sup>1912</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 92.

<sup>1913</sup> Para más información vid. “Chapas de madera reconstituida”, *Aitim*, nº 203, ene-feb, 2000, Aitim, Madrid, pág. 12.

Características:

- Dimensiones:
  - Longitud: 254 o 344 cm.
  - Anchura: 25 o 62 cm.
  - Grosor: 5,5 o 10 mm.
- Densidad: De 450 a 800 Kg/m<sup>3</sup>.
- Composición:
  - Madera: 90-92%.
  - Cola: 8%.
  - Colorantes: 0-2%.

El líder mundial en este producto (el Alpilignum) es la empresa italiana Alpi.

#### 10.2.2 Combinaciones de chapa y tela.

Denominaciones habituales: **Micromadera. Tejido de madera. Tela-chapa. Flexwood.**

Es un derivado de la madera similar a las chapas, pero con un espesor mínimo que hace que se comporte como si de un tejido se tratara. Normalmente se emplea para revestimientos de superficies (RPF: Revestimientos de Paramentos Flexibles), al igual que las chapas. Existe una patente norteamericana llamada **flexwood** (o madera flexible).

Cuando la madera no se presta para estos menesteres, por ser excesivamente frágil y no ofrecer una película continua por ejemplo, puede encolarse sobre papel o tela fina.

En los años 50 el flexwood se presentaba de manera diferente a como se presentó veinticinco años después, y que reproducimos más abajo. En aquellos años el producto consistía en una chapa de madera dura de 0,25 a 6,25 mm de grosor, que se lamina en caliente con un tejido de algodón, por medio de un adhesivo a prueba de agua y prensado posteriormente. El



producto se presentaba en tiras de 45 a 60 cm de ancho y de 2,5 a 3 m de largo.<sup>1914</sup>

Características, según especificaciones<sup>1915</sup>:

- Capa base de papel con gramaje mínimo 90 g/m<sup>2</sup>.
- Capa de recubrimiento a partir de madera cortada en láminas muy finas. Gramaje mínimo 40 g/m<sup>2</sup>.
- Se podrá barnizar, lacar y encerar. [Pintarla sería absurdo, pues se perdería el recubrimiento de las vetas].
- Se presentará en rollos de más de 10 m de longitud con una tolerancia de +/- 1,5% y de más de 0,50 m de ancho con una tolerancia de +/- 2%.
- Estabilidad dimensional: 3% en la dirección transversal de la micromadera.
- El adhesivo utilizado será apto para unirla a soportes incluso absorbentes, y debe ser elástico, no tóxico, transparente, imputrescible e inalterable al agua: basado en metilcelulosa, por ejemplo.
- Aplicación del adhesivo: aplicar una capa sobre el soporte, a modo de tapaporos, de 5 g/m<sup>2</sup>; esto facilita la adherencia. Una vez seca, se aplicará el adhesivo sobre la micromadera, en una capa superior a 5 g/m<sup>2</sup>, extendiéndolo uniformemente y antes de que pase un mínimo de 3 minutos y un máximo de 5 (para evitar que se despegue la madera de su capa base), se acoplará el revestimiento al paramento.

Algo similar ocurre con el llamado **papel corcho** o **microcorcho**<sup>1916</sup>, que no es mas que una sutil película de corcho encolado sobre papel que se utiliza como recubrimientos de paredes y muebles. Dado que ambos - el

---

<sup>1914</sup> Panshin, A. J. et. al., Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 188.

<sup>1915</sup> Véase: “Revestimientos de Paramentos Flexibles (RPF)”, 1975 de NTE. *Revestimientos*, edita: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, MOPU, 1988, 2ª edición, pág. 45 y norma UNE 57.097:75.

<sup>1916</sup> Las características de este producto serán tratadas en el capítulo referido al corcho.

tejido de madera y el de corcho - son materiales de tipo celulósico derivados de la madera, podremos incorporarlos a nuestro repertorio puesto que formarán, con los otros componentes celulósicos, un soporte totalmente homogéneo y de esta manera igualar el comportamiento, en lo posible, de todos ellos.

Los cortes practicados para su obtención son básicamente los mismos que para la obtención de la chapa, pero se obtienen mejores resultados cuando la fibra es recta y los cortes que se realizan son paralelos a ella.

### **10.2.3 Combinaciones de chapa y papel.**

Mantienen el aspecto exterior de la madera (de la chapa de madera) pero alcanzan resistencias más altas y una buena flexibilidad.

#### **10.2.3.1 Chapa reforzada con *Fleece*: Chapa de madera sobre papel soporte.**

Consiste en el encolado de chapas de madera sobre un soporte de papel traslúcido continuo. Las chapas se empalman a lo largo y son bobinadas para utilizarse en las máquinas recubridoras de molduras.

Este sistema tiene la ventaja de poder recubrir piezas con radios muy pequeños.

Maquinaria: Barberán.

#### **10.2.3.2 Chapa y papel Kraft:**

El papel Kraft<sup>1917</sup> sirve para reforzar la chapa. Puede colocarse entre dos chapas o puede actuar como caras.

Usos: embalaje, etc.

---

<sup>1917</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959, pág. 187.

### **10.2.3.3 Chapa y papel impregnado en resina fenólica.**

Productos: **Papreg y Kimpreg:**<sup>1918</sup>

Se trata de un papel impregnado en resina fenólica que suele emplearse en superficie (formando las caras del tablero) encolado a una chapa (de 3,5 mm de grosor, por ejemplo), pero también a contrachapados.

Usos: Tableros contra el polvo en cajas de mercancías.

### **10.2.3.4 Chapa trenzada.**

Fundamentalmente con fines decorativos.

Comercializada por la firma francesa Marrote, que dispone de más de 120 especies de maderas nobles.<sup>1919</sup>

## **10.3 Otros productos obtenidos de residuos o materiales de desecho.**

### **10.3.1 Composites.**

Dentro de este grupo vemos varias posibilidades de las muchas posibles.

#### **10.3.1.1 Composites con plásticos reciclados.**

Otras denominaciones: **Madera extruída. Madera líquida.**

Son composites a partir de polietileno, polipropileno y poliestireno con fibras vegetales de madera y de plantas no leñosas como el kenaf, lino y cañas.

Estos termoplásticos proceden del reciclado y se mezclan con las fibras en una prensa de moldeo.

---

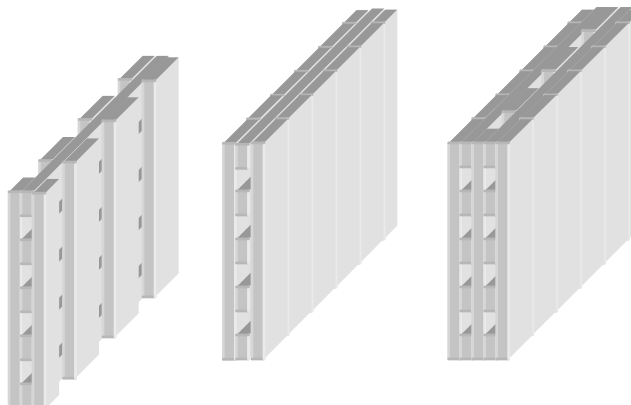
<sup>1918</sup> Ídem, pág. 187.

<sup>1919</sup> “Paneles para ebanistería”, *Aitim*, nº 214, nov-dic, Aitim, Madrid, 2001, pág. 11.

		Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Grosor (mm)	Humedad (%)
Termoplásticos reciclados	Poliestireno		Entre 0,85 y 2	
	Polietileno			
Fibras vegetales recicladas	Madera de pino (reciclada)		0,85	12
	Kenaf	0,2		10
Composite final		600-930		

Fabricación de composites de plásticos reciclados						
Dosificación de los componentes		Aditivos	Temperatura de la prensa		Tiempo de prensado	Tipo de prensa
Fibras vegetales recicladas	Termoplásticos reciclados		Polietileno	Poliestireno		
50%	50%	NO	140° C	150° C	5 minutos	Alta presión: 100 Kg/cm <sup>2</sup>

Las propiedades resistentes de estos composites aumentan con el aumento de la densidad, pero decrece la hinchazón por absorción de agua.<sup>1920</sup>



Aspecto de los tableros.

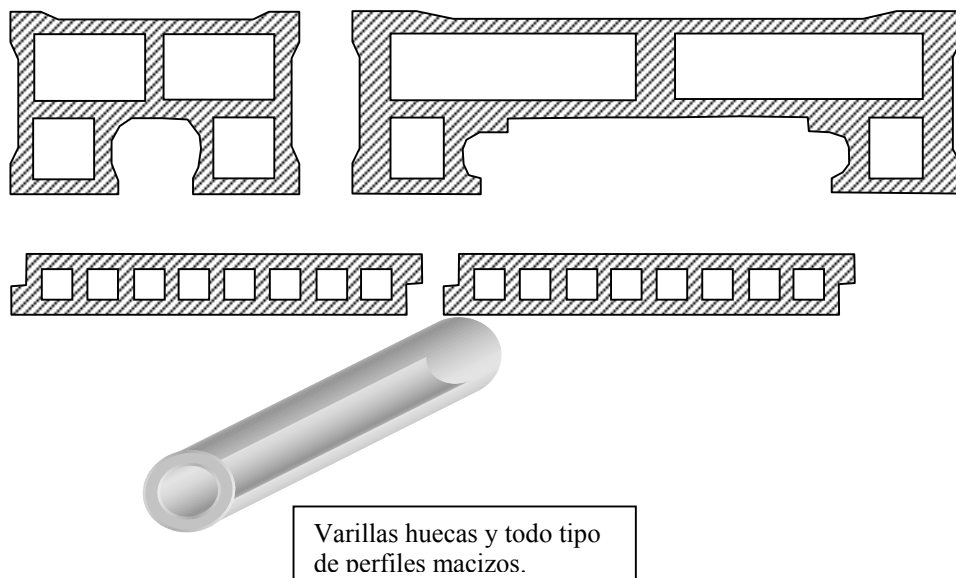
En la feria Interzum 2001 (Alemania), se presentó otro material de extrusión formado por fibras de madera y aglutinantes plásticos. El material denominado **Fiberex® Holzextrusion** de Cincinatti Extrusion GmbH.

<sup>1920</sup> Para una información completa vid. “Productos. Composites con plásticos reciclados”, *Aitim*, nº 207, Sept-oct, 2000, Aitim, Madrid, pág. 14.

Características del producto:

- Lo que tiene de novedoso es que tiene un 80% de fibra lignocelulósica totalmente biodegradable.
- Se presenta en forma de perfil.
- Aventura en algunas propiedades a la madera natural: hinchazón.<sup>1921</sup>

Los perfiles de madera extruída pueden extruírse con todo tipo de formas. Estos perfiles acabarán convirtiéndose en un material perfecto, por su resistencia y escaso peso, para la fabricación de bastidores y refuerzos de soportes derivados de la madera.



#### 10.3.1.2 Composites con resinas termoendurecibles.

- En la Feria de la Madera Batimat, celebrada en París en noviembre de 1997, se presentó un producto denominado **MEG**,<sup>1922</sup> un panel constituido por un alma de fibras celulósicas impregnadas en resinas termoendurecibles y por caras de fibras celulósicas impregnadas en resinas melamínicas. Panel

<sup>1921</sup> Carlos Baso López, “Interzum 2001. La revolución de la madera líquida”, *Aitim*, nº 211, mayo-junio, Aitim, Madrid, págs. 79-80.

<sup>1922</sup> “Batimat”, *Aitim*, nº 190, nov-dic, 1997, Aitim, Madrid, pág. 57.

elaborado a alta presión estratificado y destinado a revestimiento de fachadas.

Características:

- Fabricante: Print France.
- Dimensiones: 3050 x 1300 mm.
- Espesores: 4, 6, 8 y 10 mm.
- Sus cantos no son disgregables.
- Resistente a la humedad, el hielo y los rayos UVA.
- Clasificación al fuego: M1.

- **Bloques mecanizables Cibatool.**

Se trata de placas o tableros<sup>1923</sup> contruidos con resina epoxi, cargas y pigmentos.<sup>1924</sup>

Características:

- Tiene un color pardo-rojizo oscuro.
- Superficies planas.
- Se trabajan con las mismas herramientas que la madera.
- Poca absorción de agua que impide deformación dimensional.
- Adhesividad entre sí y a la madera con masillas como Araldit madera.
- Buena conservación en lugar seco.

Dimensiones:

---

<sup>1923</sup> De Ciba Geigy. Vid. el punto 2.2.3. Resinas epoxídicas de “Sustancias Naturales y Materias Plásticas” de RCM (*Restauració Conservació Materials*) *Guía de Productos*. Esta firma barcelonesa, ya desaparecida, de productos de conservación y restauración, dejó ese magnífico catálogo con amplia información sobre sus productos.

<sup>1924</sup> Suponemos el hecho de llevar cargas y pigmentos por el aspecto de la placa ya que su composición no está declarada. Solo se indica que lleva resina epoxi.

- 1500 x 400 x 50 mm.
- 1500 x 250 x 75 mm.
- 1500 x 200 x 100 mm.

Usos:

- Restauraciones y reparaciones en la madera.

Tipos:

- Cibatool BM: con aristas de gran resistencia.

### **10.3.2 Briquetas de madera.**

Producto fabricado con serrín, virutas y madera picada con aglutinante o sin él y posteriormente prensadas, que se utiliza normalmente como combustible. Es muy corriente la briqueta sin aglutinante de ningún tipo.

Comercialmente se vendía con el nombre de *Pres-to-log*.

Presentaba las dimensiones siguientes: de 4 ó 5 cm de Ø y unos 15 a 20 cm de longitud a 11 cm de Ø y 32 cm de largo con un peso de unos 3,6 Kg.

Pueden encontrarse en tiendas como Leroy Merlín.

Su utilización es como combustible de chimeneas.

Es utilizable estéticamente pero su resistencia mecánica es nula.

### **10.3.3 Lana de madera o hebra de madera.**

Producto ya obsoleto que servía para embalajes y para pulir y alisar todo tipo de maderas duras y blandas.<sup>1925</sup>

Es una viruta finísima de madera que, en EE.UU. recibió el nombre de *Excelsior* cuando eran producidas por una máquina de trizar.<sup>1926</sup>

---

<sup>1925</sup> Vid. Hild, op cit, pág. 225.

Especies recomendadas: álamo, álamo amarillo, tilo americano, chopo, pino amarillo, etc.

También se empleó como material aislante, para rellenar juguetes, colchones, etc., pero a finales de los años 50 se comercializaron productos, que contenían hebras de madera, en la construcción en forma de tableros aislantes de baja densidad mezclados con yeso o también reforzando el hormigón.

#### **10.3.4 Harinas de madera.**

Producto derivado de la madera que consiste en madera finamente molida con aspecto de harina comestible.

Su utilización fue muy varia: «(...) Este producto se emplea extensamente en la manufactura de linóleo, explosivos de nitroglicerina y gran variedad de plásticos y otros productos moldeados».<sup>1927</sup> En la actualidad su uso se centra en la fabricación de masillas y como componente, en forma de materia de carga, de adhesivos y plásticos, como adulterante o para modificar propiedades. Puede usarse como absorbente y como abrasivo suave.

Sus antiguos usos limitaban las especies a utilizar. Actualmente podemos utilizar (para fines artísticos particulares) cualquier especie. Las características de cada especie nos indicarán el producto que vamos a obtener: según sea su densidad, su poder de absorción, color.

A finales de los años cincuenta y principios de los sesenta la especie más utilizada en EE.UU. era el pino blanco del Este, del Oeste y el pino azúcar, y en menor cantidad pino de Escocia, álamos, abedules y pinabetes.<sup>1928</sup>

---

<sup>1926</sup> “Se dice que “Excelsior” de madera es invento americano, que fue puesto en el mercado por el año 1860 bajo el nombre de *fibra de madera*. (...) El nombre se tomó, según cuenta la historia, del poema *Excelsior*, de Longfellow.” (A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., Barcelona 1959, pág. 313.

<sup>1927</sup> A. J. Panshin et. al., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., Barcelona 1959, pág. 259.

<sup>1928</sup> Ídem, pág. 259.



La materia prima se obtiene de serrín y virutas, principalmente, y puntas y recortes de maderas.

Se utilizan distintos tipos de molinos para sus fabricación que consiguen tamaños de partícula pequeñísimo:

El tamaño de la harina de madera usado más comúnmente es de 40, 60 y 80 mallas de tamiz por pulgada lineal. El grado comercial más fino de madera es de unas 150 mallas, pero se han conseguido tan finas como de 350 a 400 mallas con equipos de pulverización.<sup>1929</sup>

#### 10.4 Otros listones. Madera recompuesta.

Consiste en el aprovechamiento de chapas y listones (de pequeñas escuadrías y/o longitud) para conseguir otros listones de escuadrías y/o longitudes mayores.

Alguno de estos sistemas de aprovechamiento se veían en EE.UU. durante la 2ª Guerra Mundial<sup>1930</sup>. Otros se utilizaban en España, allá por los años 60, en la fabricación de las puertas “Record”, de las que hablamos en el capítulo referido a los Tableros Estratificados.

Hay varios sistemas de aprovechamiento y mejora, de los que vamos a ver algunos:<sup>1931</sup>

- El primero se trata del encolado por sus caras de chapas o de listoncillos de poco grosor:
  - o Si encolamos chapas entre sí, en la misma dirección hasta obtener gruesos suficientes para fabricar bastidores, cercos, marcos, etc. Tenemos lo que se denominaba **madera laminada de chapas de desenrollo**, equivalente actual de la llamada *madera microlaminada*. Las puertas Record realizaban sus cercos

---

<sup>1929</sup> Ídem, pág. 262.

<sup>1930</sup> Las entalladuras múltiples para construir hélices de aviones.

<sup>1931</sup> Vid. Antonio Camacho Altaya, op. cit., págs. 131-132.

con esta laminación que denominaban: *maderas superlaminadas*.

- Si en lugar de encolar chapas encolamos listones entre sí por sus caras obtenemos la ***madera laminada maciza***. En la actualidad la denominación madera laminada lleva consigo el concepto de grandes escuadrías.
- El segundo se trata de aprovechar listones de corta longitud para obtener otros mucho más largos. Los empalmes se producen en las testas por medio de entalladuras que tienen forma trapezoidal. A este sistema se le denomina ***empalme por entalladuras múltiples***. En la actualidad el sistema más empleado es el ya comentado *fingerjoint*.

## 10.5 Tablero contrachapado curvado.

Su finalidad es, en primer lugar, es resistente o estructural pero, son materiales muy difíciles de conseguir por ahora en nuestro país, que pueden desarrollar funciones estéticas muy interesantes.

### 10.5.1 En forma de poste.

En los años 40: Se inventó un producto muy interesante consistente en *madera chapada en tubos*. Se fabricaba partiendo de «(...) una sola lámina grande de madera chapada, enrollada varias veces en torno a un cilindro. Los *tubos* son adecuados, entre otras cosas, para patas de sillas o mástiles de barcos». <sup>1932</sup>

En los años 90: Elaborado por Instituto Nacional de Investigación y desarrollo de Productos de la Madera de Canadá (Forintek), para sustituir los postes de conducciones telefónicas y eléctricas. <sup>1933</sup>

---

<sup>1932</sup> P.W. op. cit., pág. 243.

<sup>1933</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 85.

### 10.5.2 Tablero ondulado. Tablero curvado.

Nos referimos , no a los tableros a los que se les aplica un radio de curvatura y se les dobla con la finalidad de hacer muebles, sino que nos referimos a otras posibilidades no tan evidentes como esa.

#### 10.5.2.1 Tablero contrachapado ondulado.

La primera vez que aparece es en 1937, en La Exposición Universal de París, formando parte de una pasarela de 7 m de luz destinada al Palacio de la Madera. Su aparición se debe a los trabajos del Laboratorio Forestal de Madison.

Para su preparación se empleaban moldes de aluminio y se debía cuidar que las caras cóncava y convexa fueran concéntricas.<sup>1934</sup>

En los años 90 vuelve a aparecer como elemento de diseño en artistas finlandeses.



"Corrugated Timber Panel". De David Y. C. Cheung, England.  
Fotografía de Seppo Kaksonen. 1996. (Detalle).  
Cortesía de PUU.

#### 10.5.2.2 Panel flexible.

Nombre comercial: **Modulpanel**.<sup>1935</sup>

Se trata de un tablero moldurado que es flexible y se puede adaptar a todo tipo de superficies, tanto curvas como planas, para la fabricación de

---

<sup>1934</sup> Para más información vid. Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 94 y Camuñas y Paredes, op. cit., pág. 333.

<sup>1935</sup> Es un modelo de Curvasan, S.L.

puertas, columnas y todo tipo de elementos decorativos. Se fabrica en varias especies: cerezo, arce, roble, haya, pino, etc. También se fabrica en MDF y con papeles decorativos.

Suelen curvarse con prensas de alta frecuencia.

Con este tablero se pueden usar toda clase de adhesivos

Fabricado por las empresas: Curvasan, Canin, S.L. y Recurval, S.L.<sup>1936</sup>

## 10.6 Vigas de celosía.

Estos productos pueden ser útiles como refuerzos para soportes gigantescos o por pura apariencia estética.

### 10.6.1 Vigas de celosía en madera maciza.

Producto realizado en madera laminada de coníferas.<sup>1937</sup>

Podría hacer las veces de listón en la confección de bastidores gigantes a la hora de reforzar, por ejemplo, paneles contrachapados “King Size”.

### 10.6.2 Unión madera-metal en la formación de viguetas con alma de celosía metálica.

Vigueta *Solivide*:<sup>1938</sup> Está formada por madera maciza en las alas y un



Vigueta *Solivide*.  
Cortesía de Maderas Medina.

<sup>1936</sup> Más información en “Fimma y Maderalia ‘97”, *Aitim*, nº 190, nov-dic, 1997, Aitim, Madrid, pág. 61 y “Tableros curvados multiuso”, *Aitim*, nº 203, ene-feb, 2000, Aitim, Madrid, pág. 12.

<sup>1937</sup> Si se desea consultar más datos, como dimensiones, etc., vid. Nelly Malmanger, “Batimat 2001. PLS”, *Montes*, nº 215, ene-feb, Aitim, Madrid, 2002, pág. 57.

<sup>1938</sup> Fabricada por Maderas Medina, S.A.

nervio de acero en diagonal en el alma. Para su fabricación se utiliza la prensa.

Es muy fácil de montar, transportar y almacenar.

Idónea cuando se trate de fabricar un soporte de gigantescas dimensiones y necesitemos de refuerzos que estén a su altura.

## 10.7 Celosías de madera.

El término inglés usado es lattice.

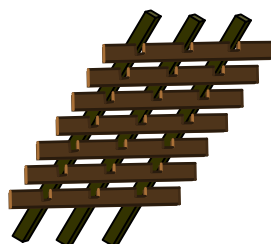
El entramado puede ser horizontal o vertical en función de lo que queramos hacer.

- **Malla vertical.**

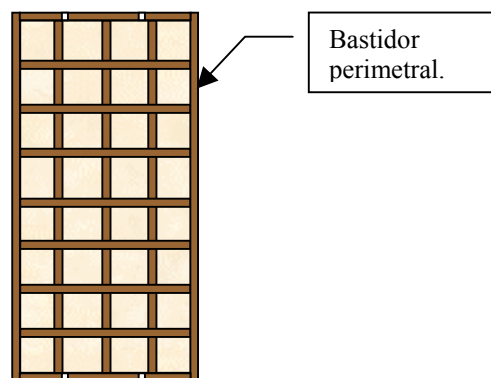
Este tipo de producto se comercializa con los listones encolados, a diferencia de los tableros que podamos construir nosotros que podrían ir sin encolar porque van a quedar sujetos entre los dos paramentos y el bastidor perimetral.

Aquí los listones están colocados de canto y se ensamblan a la media madera.

Es el equivalente actual del alma del tablero Refort.



Celosía de “malla vertical”.



Tablero ya formado a falta del paramento de cara.

Dimensiones			Precios (€ )	Especies
Longitud (mm)	Anchura (mm)	Grosor (mm)		
2450	800	20	90	Pino Pino Melis (Alerce) Haya
2000	1000	20	90,6	

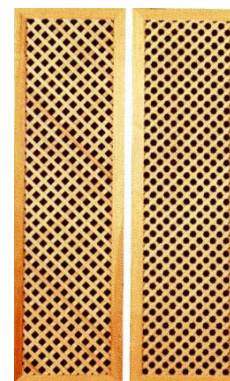
- **Malla horizontal. Enjaretado.**

De origen árabe. La celosía también se utilizó y se utiliza mucho en China, Nepal, India, etc.

Tablero formado por listoncillos colocados horizontalmente entre sí y que forman un enrejado.

El ángulo de cruce entre los listoncillos puede ser variado y la separación entre ellos bastante diferente. Los listones pueden ser lisos o formar dibujos de índole geométrica.

No tienen demasiada resistencia al alabeo por la disposición de los listones. Ocurre algo parecido cuando utilizamos la tela al bias o en diagonal.



Celosías Radisa.

Son tableros o productos de madera también caros.

## II

La madera y materiales derivados en la fabricación de soportes artísticos: aportación estructural y estética.

Juan José García Garrido



Juan José García  
Garrido



La madera y materiales derivados en la fabricación de soportes artísticos:  
aportación estructural y estética.



**La madera y materiales derivados en la fabricación de  
soportes artísticos: aportación estructural y estética.**

Tesis Doctoral realizada por Juan José García Garrido y  
dirigida por el Dr. Manuel Huertas Torrejón.

Madrid, 2003

Universidad Complutense de Madrid  
Facultad de Bellas Artes  
Departamento de Pintura



## **11 MANIPULACIÓN DE LA MADERA NATURAL Y SUS DERIVADOS EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES.....1047**

### **11.1 ESTEREOTOMÍA DE LA MADERA MACIZA, O MADERA SÓLIDA, EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES ARTÍSTICOS.....1047**

#### **11.1.1 GENERALIDADES.....1048**

#### **11.1.2 UNIONES FRECUENTES EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES ARTÍSTICOS DE MADERA.....1050**

##### **11.1.2.1 Empalmes.....1052**

###### **11.1.2.1.1 Empalme biselado.....1052**

###### **11.1.2.1.2 Junta con espiga. Empalme en cuña.....1053**

###### **11.1.2.1.3 “Finger joint.”.....1054**

###### **11.1.2.1.4 Empalme en rayo de Júpiter.....1056**

###### **11.1.2.1.5 Empalme en cola de milano.....1056**

###### **11.1.2.1.6 Empalme en pico de flauta.....1057**

###### **11.1.2.1.7 Empalme machihembrado.....1057**

###### **11.1.2.1.8 Empalme tipo “Onsrud”.....1057**

##### **11.1.2.2 Acoplamientos.....1057**

###### **11.1.2.2.1 Formación de listones de mayor escuadría.....1057**

###### **11.1.2.2.2 Formación de tableros.....1058**

##### **11.1.2.3 Ensamblajes.....1075**

#### **11.1.3 REFUERZOS USUALES EN DICHOS SOPORTES.....1098**

##### **11.1.3.1.1 Los travesaños o barrotes. Peinazos de plano.....1098**

##### **11.1.3.1.2 El bastidor como refuerzo de soportes rígidos.....1107**

##### **11.1.3.1.3 Los marcos.....1119**

#### **11.1.4 HERRAJES UTILIZADOS EN LA CONSOLIDACIÓN DE LOS PANELES Y BASTIDORES.....1129**

##### **11.1.4.1 Herrajes tradicionales.....1130**

##### **11.1.4.2 Herrajes contemporáneos.....1131**

#### **11.1.5 CUADRO HISTÓRICO DE ALGUNOS ACOPLAMIENTOS, ENSAMBLAJES Y EMPALMES TRADICIONALES Y MÁS CONTEMPORÁNEOS. ....1135**

### **11.2 ESTEREOTOMÍA DE DERIVADOS DE LA MADERA. PROPUESTA PERSONAL Y MEJORA DE LOS SOPORTES BASADOS EN MATERIALES TRADICIONALES Y NUEVOS MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS.....1137**

#### **11.2.1 LISTONES Y FORMACIÓN DE BASTIDORES U OTROS REFUERZOS.....1137**

##### **11.2.1.1 Listones compuestos.....1137**

##### **11.2.1.2 Listones macizos. ....1144**

###### **11.2.1.2.1 Listones macizos formados a partir de contrachapados.....1144**

###### **11.2.1.2.2 Listones macizos formados a partir de listoncillos de madera natural.....1175**

###### **11.2.1.2.3 Listones macizos formados a partir de madera natural ranurada o listones estriados.....1179**

###### **11.2.1.2.4 Listones macizos formados a partir de madera microlaminada y tablero a la veta.....1183**

##### **11.2.1.3 Listones fabricados a partir de perfiles (listones perfilados o preelaborados) y molduras ya comercializados. ....1184**

###### **11.2.1.3.1 Perfil en “L”o perfil angular.....1186**

11.2.1.4 Listones taladrados.....	1188
11.2.1.4.1 Listones con taladros pasantes.....	1188
11.2.1.4.2 Listones con taladros ciegos.....	1192
11.2.1.4.3 Listones con alma taladrada.....	1195
11.2.1.5 Listones huecos.....	1203
11.2.1.5.1 Listones hueco-taladrados.....	1204
11.2.1.5.2 Listones tipo caja o cajón (listones simplemente huecos).....	1204
11.2.1.5.3 Listón con perfil en “doble T” con dos almas.....	1230
11.2.1.5.4 Listón-doble hueco de canto. Listones derivados de pies derechos compuestos.....	1232
11.2.1.5.5 Listón-triple hueco de canto.....	1233
11.2.1.5.6 Accesorios para ensamblajes de listones huecos.....	1234
11.2.2 <i>TABLEROS</i> . ....	1239
11.2.2.1 Tableros compuestos.....	1239
11.2.2.2 Tableros macizos.....	1239
11.2.2.3 Tableros perforados o taladrados.....	1244
11.2.3 <i>SOPORTES</i> .....	1246
<b>12 MADERAS EMPLEADAS EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES PÍCTORICOS, SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, SUS CORRESPONDIENTES PATRONES DE IDENTIFICACIÓN Y POTENCIALIDAD ESTÉTICA DE ESTOS.....</b>	<b>1265</b>
12.1 MADERAS EMPLEADAS TRADICIONALMENTE COMO SOPORTE PÍCTORICO. .....	1269
12.2 OTRAS MADERAS UTILIZADAS PARA CONFECCIONAR SOPORTES O PARA FABRICAR PROTOTIPOS.....	1327
<b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>1341</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>1381</b>
ANEXO 1.....	1383
ANEXO 2.....	1384
ANEXO 3.....	1390
<b>DIRECTORIO.....</b>	<b>1395</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>1465</b>

## **11 MANIPULACIÓN DE LA MADERA NATURAL Y SUS DERIVADOS EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES.**

El objeto de este capítulo es el estudio y la mejora de sistemas de soportes y refuerzos tradicionales por medio de la manipulación de estos y la incorporación de materiales derivados de la madera con el fin de optimizar las prestaciones de nuestros soportes y amortiguar el juego de la madera todo lo posible.

### **11.1 Estereotomía de la madera maciza, o madera sólida, en la fabricación de soportes artísticos.**

Pueden consultarse las siguientes normas:

- UNE-EN 848-1:1999. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Fresadoras de una cara, con herramienta rotativa. Parte 1: Tupés de un solo husillo vertical.*
- UNE-EN 848-2:1999. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Fresadoras de una cara, con herramienta rotativa. Parte 2: Ranuradoras con avance manual o integrado de un solo husillo.*
- UNE-EN 859:1998. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Máquinas cepilladoras alimentadas a mano.*
- UNE-EN 860:1998. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Máquinas cepilladoras por una cara.*
- UNE-EN 861:1998. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Máquinas cepilladoras y regresadoras.*
- UNE-EN 940:1998. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Máquinas combinadas para trabajar la madera.*
- UNE-EN 1807:2000. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Sierras de cinta.*
- UNE-EN 1870-1:2000. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Sierras circulares. Parte 1: Sierras circulares de bancada fija (con o sin mesa de móvil) y escuadradoras*
- UNE-EN 1870-2:2000. *Seguridad de las máquinas para trabajar la madera. Sierras circulares. Parte 2: Sierras seccionadoras horizontales y verticales de tableros.*
- UNE 16570:1994. *Herramientas para el trabajo de la madera. Formones y gubias. Nomenclatura, especificaciones y ensayos.*
- UNE 16572:1994. *Herramientas para el trabajo de la madera. Cepillos de madera. Nomenclatura y especificaciones.*
- UNE 16572:1994. *Herramientas para el trabajo de la madera. Cepillos metálicos. Nomenclatura y especificaciones.*

### 11.1.1 Generalidades.

En el presente capítulo sólo se hará hincapié en los sistemas de uniones y refuerzos más habituales o que consideremos que son, han sido o puedan ser comunes en la elaboración de soportes artísticos. Esto se debe a la profusión de estos sistemas a lo largo de la historia, tanto en la carpintería de armar como en la carpintería de taller y, por extensión, en nuestros soportes.

Dada la existencia de cientos de sistemas de ensamble, sólo insistiremos, como ya hemos dicho, en los más habituales y sencillos:

(...) El número de ensambles ronda los 600, sin embargo la mayor parte de ellos se componen de los ensamblajes básicos, cuyo número no supera los 100. Mientras que el diseño de algunos tiene un carácter bivalente para carpintería de armar o ebanistería, otros por el contrario mantienen su especificidad de uso desde que fueron concebidos.<sup>1939</sup>

Dichos soportes artísticos no se construyen con el fin de resistir grandes esfuerzos. Lo que se les va a pedir es que eviten en lo posible deformaciones estructurales que pudieran malograr la obra que soportan. Los ensamblajes presentan los puntos más débiles de la estructura:

El problema de las ensambladuras de distintas piezas de madera reside en la pérdida de gruesos de las piezas al hacer los rebajes, esto trae consigo pérdida de resistencia de las secciones. Para evitar esto se aumentaron las secciones exageradamente, aumentando peso y ofreciendo un tosco aspecto.<sup>1940</sup>

Nuestro soporte, con su bastidor, refuerzos, tablero, etc. es una pieza estructural porque aunque, en pequeña medida, se encuentra sometido a una carga y por ello reacciona, aparte de que la madera al ser un material higroscópico aporta movimientos de dilatación contracción:

Una pieza es estructural porque está siendo sometida a una carga. (Si no hay carga no estamos observando una pieza estructural, sino un fuselado o una pieza de relleno). En el momento que existen cargas, existen reacciones. La estructura

---

<sup>1939</sup> Luis García Esteban; et. al., *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002, pág. 10.

<sup>1940</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág.74-75.

es una conexión entre cargas y reacciones y, debido a ambas, habrá empuje, tracción, cizallamiento, flexión, torsión, o puede estar sujeta a todas o algunas simultáneamente.<sup>1941</sup>

Existe un hermoso vocablo procedente del griego que significa “el arte de cortar piedras y maderas”, dicho término es: *estereotomía*.<sup>1942</sup> Este vocablo adquiere especial importancia cuando está referido al arte de cortar maderas con carácter estructural, pues de su correcta realización depende el éxito del ensamblaje. Hemos querido rescatar, con este capítulo, dicho término de la carpintería de armar y de la construcción y traerlo a nuestro terreno ya que es de suma importancia la solidez de los ensamblajes realizados para el éxito del soporte.

Existen una serie de leyes de la estereotomía de la madera que deben cumplir todos los ensambles o ensambladuras y que recoge Cassinello:

- 1) El conjunto de piezas que define la unidad constructiva deberá garantizar la indeformabilidad del conjunto. De ahí que se recurra, frecuentemente, a sistemas triangulados, y excepcionalmente a retículas rectangulares con la debida rigidez de nudos.
- 2) Los ejes de las diferentes piezas, que concurren en un nudo, coplanarios o no, deben ser coincidentes en un punto, con lo que se evitan los esfuerzos secundarios que podrían afectar la seguridad del conjunto.
- 3) Los planos de transmisión de esfuerzos, deberán ser normales a la dirección de dichos esfuerzos, con lo que se eliminan las tensiones tangenciales en dichos planos de junta.
- 4) La unión debe tener el carácter que deseamos de ella: libre apoyo, articulación o empotramiento, y ser adecuada para la absorción de los esfuerzos de compresión, tracción o esfuerzo cortante que actúen sobre ella.
- 5) Las piezas, en general, han de estar sometidas a sollicitaciones axiales de compresión o tracción en dirección de las fibras.
- 6) La resistencia del nudo ha de calcularse, al menos, con el mismo coeficiente de seguridad que el de la pieza más débil en él concurrente.
- 7) Los cortes deben afectar al menor nº posible de fibras.
- 8) Deben evitarse los nudos complicados, prefiriéndose el empleo de formas sencillas y económicas. Hay que tener en cuenta que el empleo de pocos nudos exige el uso de grandes piezas sometidas a grandes esfuerzos, mientras que con

---

<sup>1941</sup> John Cutler, op., cit., pág. 178.

<sup>1942</sup> ESTEREO-: forma prefijada de palabras cultas, procedente del griego στερεός “sólido, duro, robusto”, “cúbico”. ESTEREOTOMÍA, compuesto con τέμνειν “cortar” (J. Corominas – J.A. Pascual, *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*).

muchos nudos pueden emplearse piezas pequeñas sometidas a esfuerzos moderados.<sup>1943</sup>

Es evidente que Cassinello se refiere a medidas a tomar, o protocolo a seguir en la construcción. Los “sistemas triangulados” a los que se refiere en el punto primero, nos están hablando de cerchas utilizadas en las cubiertas de los edificios.<sup>1944</sup>

Trasladando estos puntos a nuestros bastidores, podemos resumir:

1. La estructura que conforme el bastidor deberá ser indeformable.
2. Los cortes que realicemos a los listones para efectuar los ensamblajes han de afectar al menor número posible de fibras.<sup>1945</sup>
3. Deben evitarse ensamblajes complicados, primando lo sencillo y económico.

### **11.1.2 Uniones frecuentes en la fabricación de soportes artísticos de madera.**

Podemos contemplar tres casos:

1. Que la unión se produzca por superposición de sus caras (se aumenta el canto) o por yuxtaposición de sus cantos (se aumenta tabla, o lo que es igual, superficie de cara). A estas uniones se les denomina concretamente acoplamientos. En el primer caso, la unión de tablas o listones por sus caras puede servirnos para elaborar la madera laminada, tan usada en la construcción. Si el acoplamiento se produce por sus cantos, dicha unión da lugar a los tableros denominados: tableros de madera maciza (tableros formados por la unión de tablas por sus cantos<sup>1946</sup>, tableros alistonados, tableros de alma enlistonada, etc.)

---

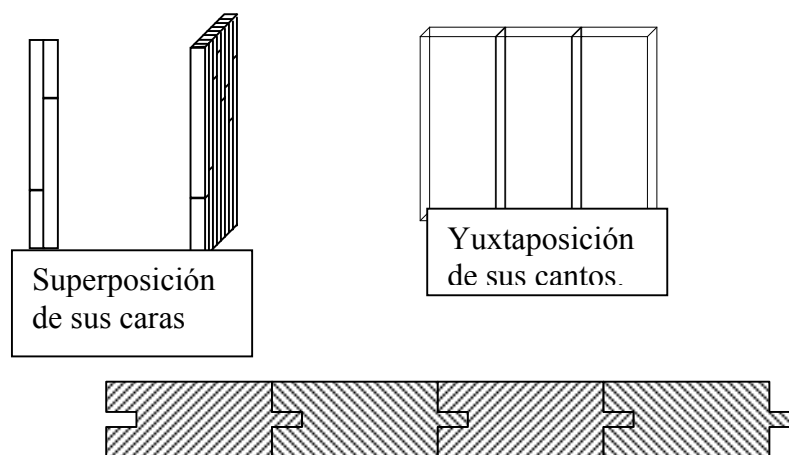
<sup>1943</sup> Cassinello, op. cit., págs. 93 y 94.

<sup>1944</sup> Se utilizan estructuras triangulares por resultar un sistema prácticamente indeformable ya que el triángulo es una figura geométrica que no es deformable.

<sup>1945</sup> Esto dependerá de si se utiliza madera maciza o tableros derivados de la misma, o cuando hagamos ensamblajes de horquilla en ángulo con tableros contrachapados.

<sup>1946</sup> Ejemplos poco usuales de lo que se menciona los encontramos en la citada tesis de Prieto, en la página 135, en la que se hace eco de Reynaldo dos Santos, *The art of Portugal, its character and*



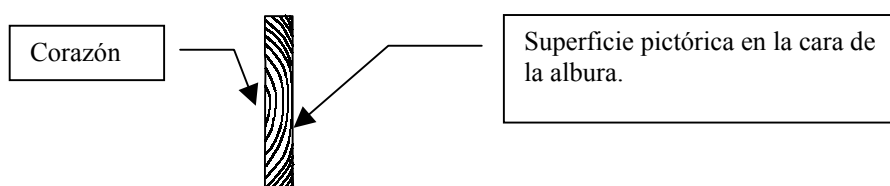


2. Que la unión se produzca en la testa de la pieza de madera o, lo que es lo mismo, en la dirección de la fibra, con el fin de prolongar dicha pieza. Normalmente se utiliza para aumentar la longitud de los listones.<sup>1947</sup> A este tipo de unión se le denomina empalme o empalme encolado.

Si la unión forma ángulos mediante piezas rectas o curvas (en el caso de bastidores curvos e irregulares, ornamentos, muebles, etc.), recibe el nombre de ensamble, ensambladura o también ensamblaje.<sup>1948</sup>



*Viga de la Pasión.* (1200-1220). 20,5x 230,5 x 4 cm.



*development*, en "Catalogue of exhibition of Portuguese Art (800-1800)", Londres, 1955-56, n° 84, pág. 84 y n° 153, pág. 47, en la que se cita lo siguiente: De la dimensión deseada para cada panel, de la moda de cada escuela, de la dimensión del árbol o la naturaleza de la especie, etc., dependerá frecuentemente el número de planchas o tablas por panel. Así es fácil constatar una gran variedad, de lo uno a lo múltiple. Como excepcionales y raros pueden mencionarse dos paneles portugueses. El primero de madera de roble de una sola pieza que mide 1700 x 850 x 40 mm. Es la *Creación de los Animales* (fragmento de un retablo), de Vasco Fernández, hacia 1506-1511. El segundo, otro panel, *La Resurrección*, de principios del siglo XVI, que mide 4,10 m. de altura, y para cuya construcción se utilizaron planchas de roble que miden 2 metros aproximadamente, y ensamblados testa con testa para lograr la altura deseada.

<sup>1947</sup> Véase la cita anterior en la que Prieto nos pone un ejemplo portugués del siglo XVI.

<sup>1948</sup> Durante el Barroco se desarrollan ensamblajes enormemente complejos.

### **11.1.2.1 Empalmes.**

También denominados: **Empalmes encolados. Empalme de tablas. Unión por testa. Uniones de testa. Alargamientos. Unión longitudinal. Juntas planas de superposición. Junta longitudinal.**

Se trata de resolver satisfactoriamente la unión por testa de listones y para ello se biselan las piezas a unir, con el fin de aumentar la superficie de contacto entre ambas. Esta unión ha permitido un avance sin precedentes en la construcción con madera, al permitir longitudes antes desconocidas e imposibles de realizar.

El avance más espectacular ha sido en lo referente a la fabricación de la madera laminada, microlaminada, etc.

Con estos sistemas de unión de listones se intenta multiplicar los planos de encolado (o superficies de contacto) y obtener resistencias mayores. Esa multiplicación de los planos se hace de una manera muy estudiada para no mecanizar más superficies de las necesarias. Con esto se economiza tiempo y dinero.

Este sistema también se ha empleado en la realización de acoplamientos para elaborar tableros.<sup>1949</sup> Y se está haciendo cada vez más habitual en la fabricación de listones aprovechando otros de longitudes menores.

#### **11.1.2.1.1 Empalme biselado.**

También se le conoce como: **Empalme en bisel. Empalme en bisel liso.**<sup>1950</sup> **Junta biselada. Junta a bisel. Junta de empalme biselada. Ensamble solapado. Ensamble biselado.**

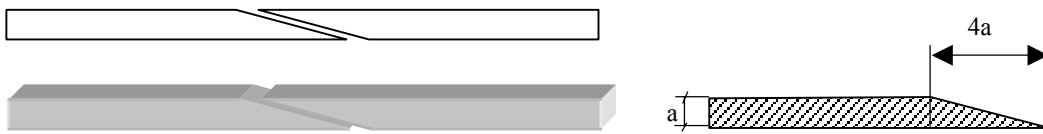
Este empalme viene a ser una mezcla de unión de solapa y de unión a inglete, siendo aconsejable que sea cortado cuatro veces más largo que el grosor de la madera.<sup>1951</sup>

---

<sup>1949</sup> Véase más adelante el punto: “Acoplamientos por “Finger-joint”.

<sup>1950</sup> Para diferenciarlo del empalme en bisel con dentado. Unión muy complicada que necesita maquinaria con varias sierras de disco en paralelo.

<sup>1951</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit.,pág. 218.



Está diseñado para ofrecer una resistencia máxima a la tracción:

Si queremos buenas uniones estructurales, debemos concebirlas de acuerdo al tipo de esfuerzo al que vayan a estar sometidas, normalmente las uniones se diseñan de modo que vayan a trabajar a cizalladura, evitándose los esfuerzos de tracción y sobre todo los que puedan originar peladura y desgarramiento, ante los que la madera es muy vulnerable.<sup>1952</sup>

Este sistema, junto con el sistema “finger-joint” se utiliza bastante en la actualidad como aprovechamiento de listones de poca longitud para, mediante su empalme, conseguir longitudes mayores.

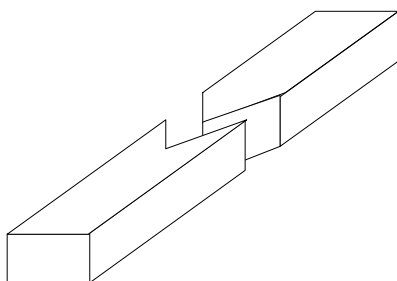
En este tipo de uniones el parámetro más importante es el ángulo de contacto.

Una variante de esta junta es la Junta biselada doble, que aumenta un poco la superficie de contacto respecto de aquella:



#### 11.1.2.1.2 Junta con espiga. Empalme en cuña.

Este tipo de unión inmoviliza la pieza por la gran superficie de contacto que posee.



Es un avance respecto a la junta biselada.

El origen de la unión dentada está en esta junta, ya que se trata, ni más ni menos, de una junta de este tipo pero multiplicada a menor tamaño, es decir, varias uniones biseladas juntas pero de menor tamaño.

<sup>1952</sup> Liesa-Bilurbina, op cit., pág. 105.

### 11.1.2.1.3 “Finger joint.”

Es conocido también como: “Finger jointing.”<sup>1953</sup> Empalme de dientes triangulares. Unión dentada. Unión multidentada. Unión por entalladura múltiple. Microentalladuras. Empalme tipo “Speedwall”.

Para más información pueden consultarse la siguiente norma:

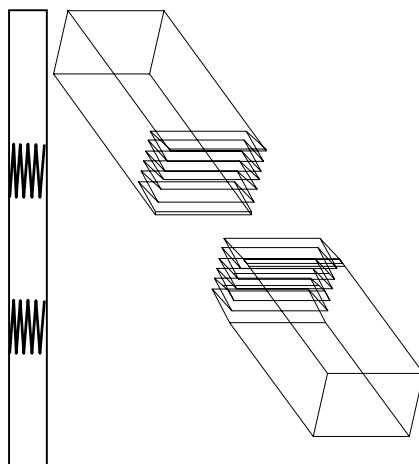
- UNE-EN 385:1996.<sup>1954</sup> *Empalmes por unión dentada en madera estructural. Especificaciones y requisitos mínimos de fabricación.*

Las normas UNE define la unión dentada como empalme realizado mediante la mecanización de un número determinado de entalladuras iguales y simétricas, en las testas de las piezas de madera que son encoladas posteriormente.<sup>1955</sup>

Se trata de producir un dentado en la testa de las piezas a unir.



Empalme horizontal en finger joint (en el canto).  
Cortesía de Ainsworth Lumber Co. Ltd.



Empalme horizontal o finger joint en el canto.



Empalme vertical o finger joint en la cara.  
Cortesía Michael Weinig.

A niveles populares no es demasiado conocido este tipo de empalme, pero en la industria se conocía ya desde la primera mitad del siglo XX:

No es una técnica nueva; la Finger-Jointing, ya conocida en 1941 en EE.UU., fue introducida en Europa en un catálogo de un fabricante francés en 1947. En él figuraba una máquina para tal efecto. Pero fue en Alemania donde dos fabricantes

<sup>1953</sup> Es la técnica de unir por medio de la unión dentada.

<sup>1954</sup> Esta norma es muy importante por la cantidad de datos técnicos que aporta para entender la mecánica de las uniones dentadas.

<sup>1955</sup> Norma UNE-EN 385:1996.

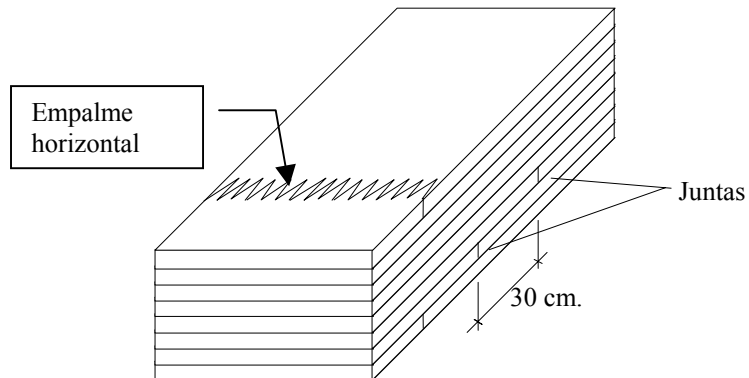
desarrollarían una maquinaria completa (Hubel y Platzer). A partir de aquí crece la industria en Alemania y Francia.<sup>1956</sup>

Son de las uniones más estables que existen, ofreciendo una garantía total, una vez que la pieza ha sido prensada y la cola ha fraguado (con el concurso del calor). Las resinas de melamina-urea-formaldehído (MUF), al tener mayor extracto seco y menor penetración «permiten obtener encolados de mayor cohesión particularmente en los empalmes por unión dentada».<sup>1957</sup>

También se emplean las de resorcina-formaldehído en exteriores.<sup>1958</sup>

Se produce una disminución del alabeo porque al

acortar la longitud de las piezas también se produce una discontinuidad de las fibras.



Se sigue trabajando en la mejora de este empalme dado los buenos resultados obtenidos:

Se ha desarrollado una técnica de empalme de láminas, que requiere una especialización muy fuerte y que se conoce con el nombre de microentalladuras; Esta técnica sólo es usada actualmente en EE.UU. Presenta ventajas sobre los métodos actuales pero todavía no se sabe si será viable como técnica sustitutoria a las hoy empleadas.<sup>1959</sup>

Se utilizan los adhesivos de acetato de polivinilo si no van a estar expuestos a la humedad, por ejemplo en las *finger-joined studs*<sup>1960</sup> de Ainsworth, usadas en las viviendas:

(...) A calibrated "finger profile" is machined into the end of each piece. Next, cross-linked polyvinyl adhesive is applied for maximum strength. And the pieces are squeezed firmly and

<sup>1956</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 44.

<sup>1957</sup> "Adhesivos para estructuras de madera laminada", *Aitim*, n° 179, Enero-Febrero, 1996, Aitim, Madrid, pág. 25.

<sup>1958</sup> Vid. norma UNE-EN 301.

<sup>1959</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 45.

<sup>1960</sup> Montantes fabricados por finger-joint utilizados en la construcción de casa de madera en Norteamérica. Suele fabricarse el 90-95% de ellos con especies como SPF (spruce-pine-fir) y el otro 5-10% con Douglas fir (abeto Douglas). El uso de estos montantes es solamente vertical.

securely together, creating a dimensionally stable, longer length of lumber.<sup>1961</sup>

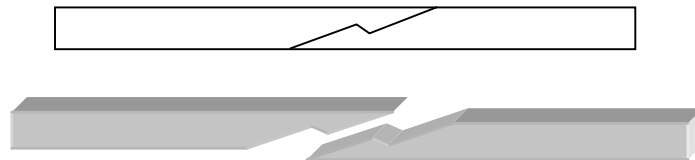
Son más estables las uniones dentadas si su secado se produce en cámara.<sup>1962</sup>

Hay dos posibilidades de empalme: el empalme horizontal y el vertical. Ambos sistemas se realizan con absoluta precisión por medio del equipo finger joint “Supra” de GreCon Dimter. Estos equipos se alimentan con listones de 150 a 1000 mm de longitud, que tienen grosores de 16 a 80 mm y una anchura de 40 a 150 mm. Al finalizar el proceso de encolado pueden obtenerse listones de 6100 mm de largo (máxima longitud de prensado).<sup>1963</sup>

#### 11.1.2.1.4 Empalme en rayo de Júpiter.

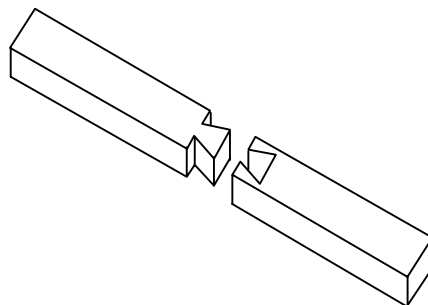
Otras denominaciones: **Empalme o unión solapada –DUELADA.**

No es frecuente descubrir este tipo de empalme en soportes artísticos por la complejidad de elaboración. Empalme que trabaja a tracción solía emplearse más profusamente en la construcción con madera maciza.



#### 11.1.2.1.5 Empalme en cola de milano.

Es el mismo sistema utilizado para las uniones de nuestras tablas por el canto. Sistema complicado de hacer a mano, pero no así con las fresadoras y las cajas de lazos. Es muy resistente.



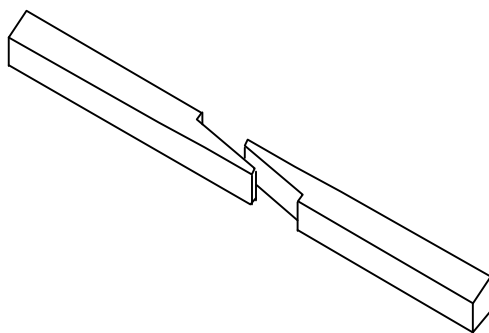
<sup>1961</sup> “Information Sheet Finger-Joined Studs”, literatura técnica de Ainsworth Lumber Co. Ltd, Vancouver, British Columbia, Canada, 2000.

<sup>1962</sup> Según “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993, pág. 101.

<sup>1963</sup> Para información detallada ver información técnica “Supra”, de la empresa GreCon Dimter, del grupo Weinig, Illertissen (Germany), 2000.

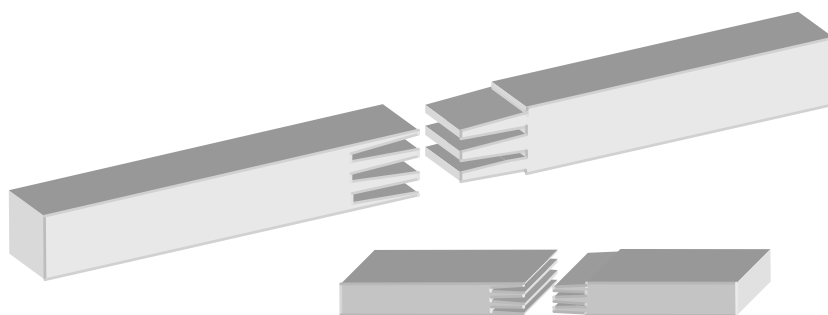
#### 11.1.2.1.6 Empalme en pico de flauta.

Se aumenta la superficie de contacto con respecto al empalme biselado.



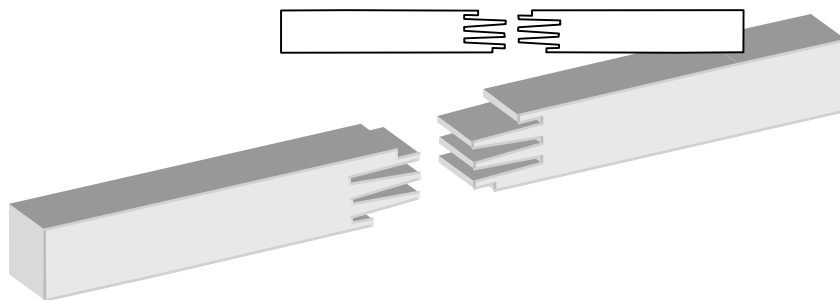
#### 11.1.2.1.7 Empalme machihembrado.

Todos estos sistemas con aspecto dentado dan magníficos resultados ya que la unión que se verifica es sumamente fuerte.



#### 11.1.2.1.8 Empalme tipo “Onsrud”.

Lo dicho para el machihembrado.



#### 11.1.2.2 Acoplamientos.

También denominados **ensanches o unión transversal**.

##### 11.1.2.2.1 Formación de listones de mayor escuadría.

Principalmente se utiliza este sistema para la fabricación de la madera laminada.<sup>1964</sup>

---

<sup>1964</sup> Véase el capítulo correspondiente.

Es importante la correcta ubicación de las caras dentro de la nueva pieza que se va a formar, de esta manera se debían encolar entre sí las caras más alejadas del corazón (cara izquierda) por su mayor contenido de agua y, por tanto, su mayor merma, y debían quedar hacia el exterior las caras de corazón (cara derecha) por tener su madera una mayor resistencia higroscópica, entre otras cosas.

#### 11.1.2.2.2 Formación de tableros.

(De madera maciza o tableros tradicionales, alistonados, de alma enlistonada, etc.)

Como venimos comentando, existe un paralelismo, por otra parte lógico, entre los sistemas constructivos propios de la carpintería-ebanistería y los utilizados en la construcción de soportes rígidos pictóricos. Es evidente que esto ocurra ya que resuelven problemas similares,

además de la gran interrelación existente entre todas las disciplinas, queremos decir que los avances y mejoras obtenidos en unos campos impregnan rápidamente otros, que los asimilan en beneficio propio.

Este paralelismo ha sido evidente en la construcción de puertas y los soportes rígidos con fines artísticos.



Puerta de tablas horizontales: tablas anchas acopladas por medio de ranura y lengüeta (machihembradas).



ENGUERRAND QUARTON  
*Piedad de Villeneuve-les-Avignon*, h. 1455(?)  
Tabla 1,630 x 2,185  
Museo del Louvre.

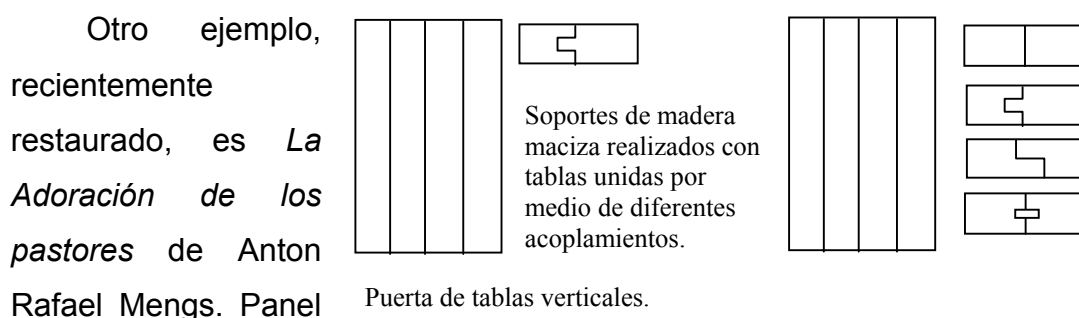


*La Adoración de los pastores*  
de Anton Rafael Mengs.



Las tablas horizontales tuvieron una utilización más escasa porque su disposición ofrecía una menor resistencia de manera que se producían más alabeos. Este problema se solventó arriostrándolos con un listón (en el caso de las puertas)<sup>1965</sup> y con dos en el caso de los soportes pictóricos (Cruz de San Andrés) o dotándolos de un bastidor de refuerzo.

En el ejemplo que se incluye de Enguerrand Quarton pueden observarse, señaladas por flechas, las uniones de las tablas horizontales que componen el panel.



de madera (2,58 x 1,91 m) formado por doce tablas de madera de roble anchura similar.

Con el fin de evitar el alabeo, los soportes se construyen con tablas verticales. [Si las tablas se unen horizontalmente, se necesitan muchas más y muy cortas (la anchura de la puerta o del tablero), o se necesitan pocas tablas pero de mucha anchura, con el riesgo que ello supone].

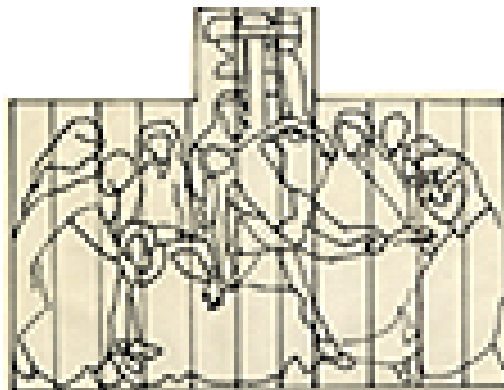
Podemos ver un claro ejemplo de lo que estamos diciendo en el *Descendimiento de la Cruz*, de Van der Weyden, en el que pueden observarse las tablas que componen el panel: está compuesto por 11 tableros de madera de roble, de unos 2 cm. de grosor, de corte radial y son de distintos tamaños para adecuarse al formato del cuadro.<sup>1966</sup>

<sup>1965</sup> Griñán, op. cit., pág. 227.

<sup>1966</sup> Parece ser que la tabla costó muy cara, dado el tamaño de los tablones que la conforman, que se encuentran libres de nudos y con disposición vertical. Los tablones están acoplados por simple unión y encolados con una cola de origen animal (quizá de pergamino).



Roble polaco.



ROGIER VAN DER WEYDEN  
*El Descendimiento de la Cruz*, h. 1438.  
Tabla 2,20 x 2,62  
Museo del Prado.

Las tablas gruesas vienen utilizándose ya desde muchos siglos atrás. Se utilizan espesores de 2 a 2,5 cm con la intención de amortiguar los movimientos de la madera ya conocidos desde entonces:

Mais remotamente, os egipcios praticaron a têmpera; depois, por influência grega, pintaram á encáustica sôbre madeira, como se fazia na grecia. A técnica fôra inventada por Polignoto, contemporâneo de Fídias, que, na época superou os demais procesos na pintura de retratos. (...) É possível que Busset [ Maurice Busset, *La técnica moderna del quadro*] se tenha enganado, quando disse que, a madeira usada naquele tempo era “delgada”, “de roble” ou “cedro”. Comumente os artistas pintavam de preferência sôbre madeira grossa. Invocamos o testemunho de Laurie, que ao fazer as suas experiências sôbre o empenamento, disse que, a madeira usada era grossa e de uma polegada de espessura [una pulgada = 25,4 mm].<sup>1967</sup>

La formación de tableros obliga a poner en contacto los cantos de las tablas y a encolarlos entre sí. Esto puede hacerse de dos maneras: Por medio de acoplamientos de tablas de cantos lisos o de acoplamientos de tablas de cantos moldurados (por medio de fresadoras, tupíes, sierras circulares, etc.)

Es importante que las caras estén en contacto lo más íntimamente posible y encajen entre sí perfectamente para lograr uniones resistentes:

<sup>1967</sup> João José Rescala, *Pintura em madeira (preparo e restauração do suporte)*, S.A. Artes Gráficas, Bahía, 1955, págs. 14-15.

(...) [Los cantos moldurados] aumentan la superficie de encolado y la fortaleza de la unión. Sea cual sea el método elegido, la cola es lo que les da más solidez. Las colas modernas [urea-formaldehído, fenol-formaldehído, etc.] son muy fuertes y, si los cantos de la junta están perfectamente cortados, incluso una simple unión a tope resistirá más que la misma madera.<sup>1968</sup>

Las colas frías de antaño (colas de queso o de caseína) eran los adhesivos más usados antes de la llegada de las resinas sintéticas para realizar los encolados de los tableros.<sup>1969</sup> El único problema que planteaban era su pérdida de fuerza adhesiva a causa de la solubilidad en agua que presentaban. Esto se solucionó parcialmente con la fabricación de la cola de caseína insoluble en agua.<sup>1970</sup> No insistimos en este punto ya que se desarrolla en el capítulo dedicado a adhesivos.



Cortesía de Calvomaq.



Este tipo de uniones de tablas genera líneas de encolado que se hacen evidentes después de aplicar los aparejos, para ello, tradicionalmente, se aplicaron distintos sistemas que protegían la capa pictórica de los posibles movimientos de las tablas y evitaban las grietas de esas uniones. Los métodos usados fueron, entre otros: capas de yeso negro, empapelados, estopados (cáñamo, crínes, etc.), entelados totales, entelados parciales, etc. Estos últimos sistemas (los entelados parciales) siguen empleándose en la actualidad (nos estamos refiriendo a niveles industriales) en las uniones de tableros aglomerados y tableros de fibras. Dichas uniones se ocultan « con gasa acrílica emplastecida y pintada con 2 o 3 manos, de forma que no se

<sup>1968</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 222.

<sup>1969</sup> Teófilo y Cennini comentan a menudo en sus tratados la fabricación y usos de este adhesivo y lo tratan como uno de los adhesivos más usuales en sus respectivas épocas.

<sup>1970</sup> Realmente, continúa siendo parcialmente soluble en agua.

note la unión». <sup>1971</sup> La pasta utilizada suele ser del tipo “Aguaplast” o mortero de escayola similar.

- **Acoplamiento de tablas de cantos lisos.**

Realizando este tipo de acoplamientos debemos tener en cuenta que cuanto más anchas sean las tablas que utilicemos, más problemas tendremos de alabeos y deformaciones. De este concepto <sup>1972</sup> surgió la idea de la formación de los tableros alistonados y de alma enlistonada.

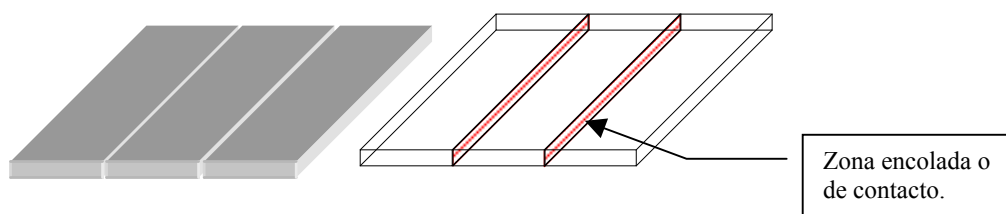
Sistema de unión bueno para contrachapados, tableros alistonados, de alma enlistonada, aglomerados, MDF, etc.

Fácil de cortar.

o **Simple unión.**

Otras denominaciones: **Juntas vivas** <sup>1973</sup>. **Juntas encoladas al tope.** **Acoplamiento a tope o a arista viva.** **Unión a tope recto.**

Según Prieto, parece ser el sistema de acoplamiento de tablas, de cantos lisos, más antiguo y utilizado por casi todas las escuelas europeas durante los siglos XIII al XVI, que al no tener muy perfeccionado el sistema de canteado (se hacía a mano con la garlopa), aparecían emplastecidas con aparejo por delante y por detrás. <sup>1974</sup> Actualmente este problema no existe pues ese trabajo lo realizan máquinas canteadoras. La ventaja de estas máquinas se ve reflejada en la perfecta fabricación de los tableros alistonados y madera laminada, con uniones que, a veces, cuesta ver.



<sup>1971</sup> Aitim, n° 197, Enero-Febrero, 1999, Aitim, Madrid, pág.19.

<sup>1972</sup> Y de la necesidad de utilizar trozas de menores diámetros, tablas de menor anchura y aprovechar restos que, de otra manera hubiera sido imposible utilizar, por su pequeña escuadría.

<sup>1973</sup> En tableros tradicionales, en los alistonados, de alma enlistonada, etc.

<sup>1974</sup> Prieto y Prieto, op. cit., págs.202 a 206.

No siempre es posible realizar este tipo de junta:

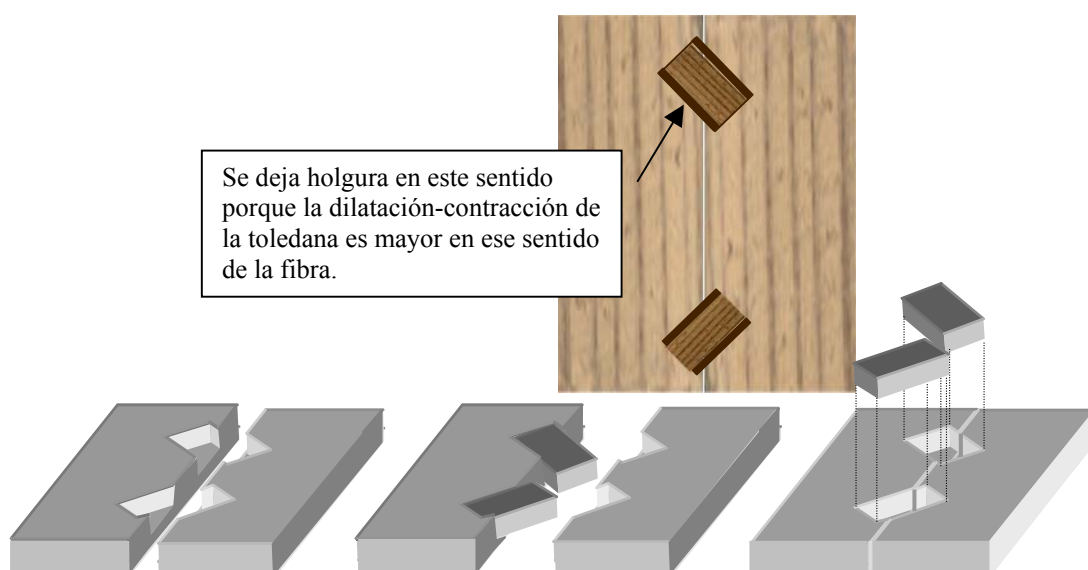
Las juntas a tope se pueden realizar: si se tiene cuidado con la orientación del anillo y la estructura del grano de la madera a unir, acompañado de una adecuada imprimación de las superficies y de un adhesivo con fuerza de cohesión elevada y no muy rígido.<sup>1975</sup>

A esto debemos añadir que no beneficia nada aplicar una gruesa capa de adhesivo por los motivos que se comentan en el capítulo que trata sobre adhesivo.

- **Unión por toledanas.**

Se trata de pequeñas tablillas que van cajeadas por la parte trasera de los tableros. Su tamaño suele ser menor que el de la caja donde va alojada, para facilitar los movimientos de dilatación-contracción.<sup>1976</sup>

Las piezas suelen ir emparejadas y situadas en diagonal respecto a la dirección de las fibras que componen las tablas del panel.



- **Juntas encoladas y enclavijadas.**

Otras denominaciones: **Unión a tope mediante clavijas (espigas, tacos o tourillones<sup>1977</sup>, wood dowels<sup>1978</sup>).** Acoplamiento con clavijas. Juntas encoladas con clavijas.

<sup>1975</sup> Liesa y Bilurbina, op. cit., pág. 106.

<sup>1976</sup> Como en la madera los movimientos en sentido perpendicular a la fibra son muchísimo mayores, la toledana será de dimensiones menores en este sentido. En dirección a la fibra los movimientos son casi inexistentes.

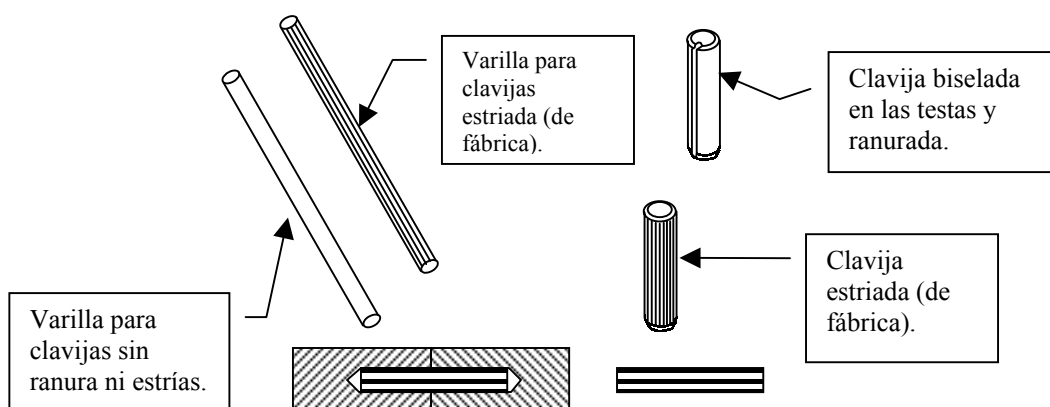
<sup>1977</sup> Tourillon significa “espiga” o “clavija” en francés.

Si se desea más información pueden consultarse las normas:

- UNE 56862:1993. *Clavijas de madera. Definiciones, clasificación y designación.*
- UNE 56863:1993. *Clavijas de madera. Métodos de ensayo.*
- UNE 56863:1993. *Clavijas de madera. Especificaciones.*

Es en realidad una junta a tope reforzada con clavijas<sup>1979</sup>. Se utiliza en lugar de la junta de caja y espiga por razones económicas. Las clavijas se hacen con maderas duras, de textura uniforme, como el haya, el abedul, el arce o el ramín.

Se pueden adquirir en forma de varillas, y así cortarlas a la medida apropiada, o también se pueden adquirir ya cortadas. Pueden ser lisas (L) o estriadas (E) (clavijas ranuradas). Pueden tener sus extremos biselados o no.



El bisel que se realiza en las testas facilita la penetración de la clavija en su orificio. La ranura longitudinal se realiza «a fin de liberar del agujero la presión hidráulica cuando se encole la clavija»,<sup>1980</sup> es decir, elimina la presión hidráulica haciendo que la cola excedente salga por la ranura practicada en la espiga.

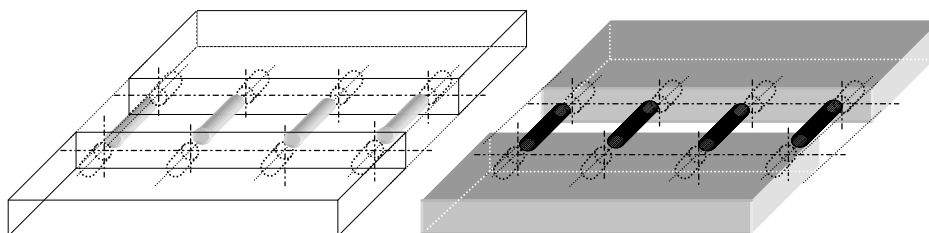
<sup>1978</sup> Término inglés.

<sup>1979</sup> «Una clavija de madera es cualquier pieza de este material, de forma cilíndrica, generalmente con una relación entre longitud y diámetro comprendida entre 3 y 7 y utilizada para la unión entre sí de piezas de madera o de otros productos derivados» (norma UNE 56862:1993. *Clavijas de madera. Definiciones, clasificación y designación*).

<sup>1980</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 236.

Suelen disponerse a distancias de unos 25-30 cm y suele seguirse la siguiente norma:

<b>Grosor del tablero</b> (mm)	<b>Diámetro de la clavija</b> (mm)
< 16	3 o 4
16	5
19	8
22	10



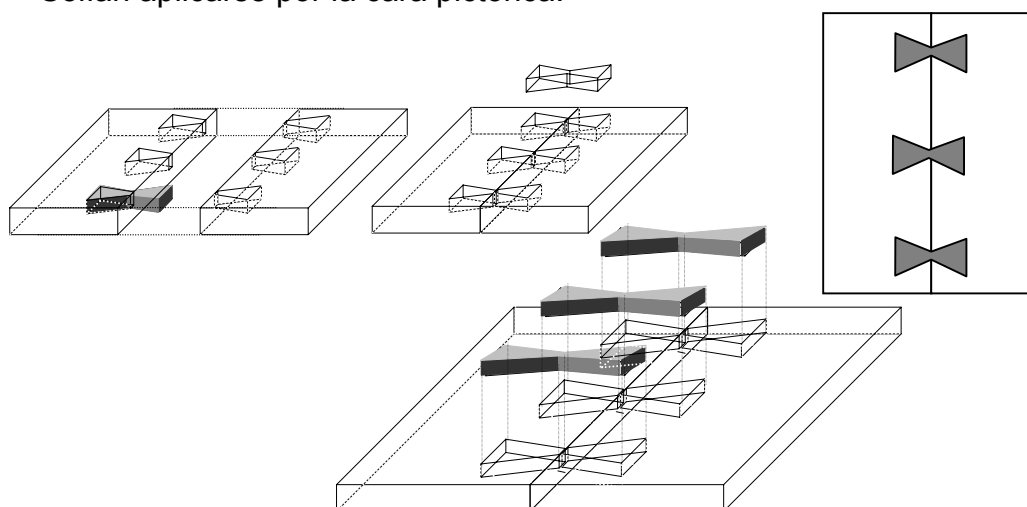
Según Prieto «El sistema parece suponer un avance respecto al acoplamiento a tope. (...) Sistema corriente en toda Europa en el XVI. Pero hay ejemplos del XV. En el XIV “La Majestad” de Ducio, de la Opera del Duomo de Siena ya estaba enclavijado». <sup>1981</sup>

Excelente sistema para unir tableros contrachapados, alistonados, de alma enlistonada, aglomerados, MDF, etc.

- **Juntas encoladas con llaves a cola de milano.**

Otras denominaciones: **Llaves o Teleras. Llaves descubiertas.**

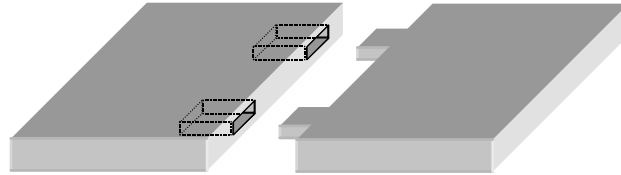
Solían aplicarse por la cara pictórica.



<sup>1981</sup> Prieto y Prieto, op. cit., pág. 207.

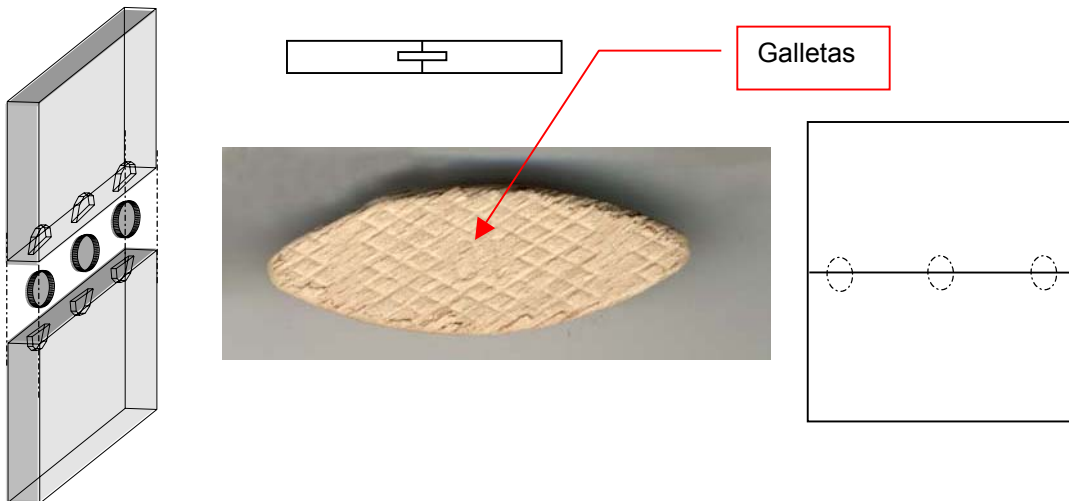
- **Acoplamiento por juntas encoladas con cajas y espigas.**

Puede emplearse encolada o no, aunque esta segunda posibilidad se contempla en la fabricación de mobiliario.

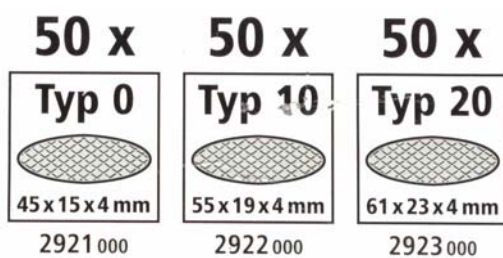


- **Acoplamiento con tacos planos.**

Otras denominaciones: **Lengüeta oval invisible. Unión engalletada.**



Tamaños más habituales de, por ejemplo, Wolfcraft®:





Mayor fortaleza que la simple unión. Suelen ser de madera de haya comprimida. También los hay de OSB

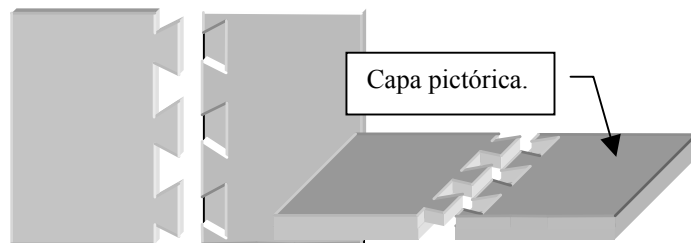
Excelente unión para tableros aglomerados, alistados, alma enlistonada, aglomerados, MDF, etc.

- **Acoplamientos de tablas de cantos moldurados.**

Se trata de mecanizar los cantos para aumentar la superficie de contacto y ensamblar las tablas entre sí.

○ **Acoplamiento a espiga continua.**

Espigas y cajas a media madera, que se aplican por la capa pictórica.



Según Prieto es más antiguo que las juntas encoladas con llaves a cola de milano.<sup>1982</sup>

○ **Acoplamiento de ranura y lengüeta (machihembrado).**

Otras denominaciones: **Ship-lap joint.**

Muy frecuente, tanto a niveles artísticos como industriales (suelos,



Acoplamiento Tongue & Groove en madera de ciprés.  
Muestra enviada por Morris Farms Ciprés Mill, Baxley, Georgia (EE.UU.)



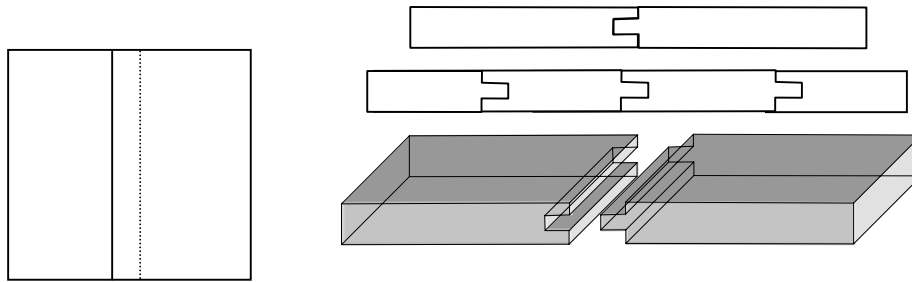
Machihembrado en madera de taperiba, con ranuras en la contracara. Utilizada en la fabricación de suelos de tarima.



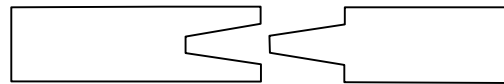
Acoplamiento machihembrado de OSB de Ainsworth Lumber Co. Ltd.

<sup>1982</sup> Prieto Prieto, op. cit., pág. 209.

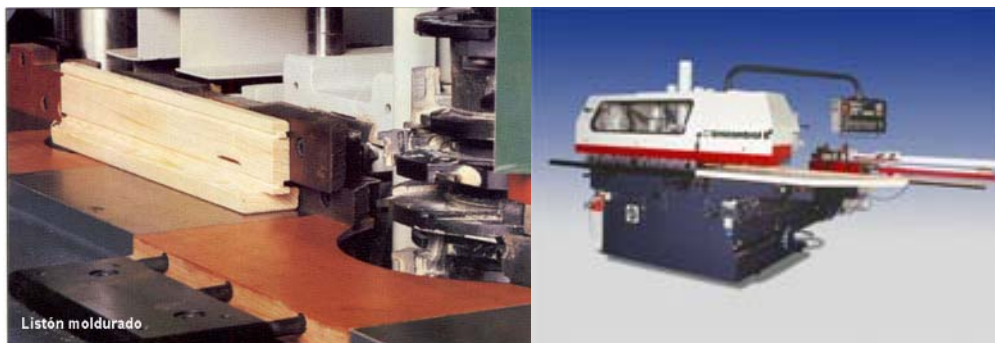
forros interiores y exteriores para paredes y techos, etc.) Dan mayor fortaleza que las juntas a tope.



En campos no artísticos se emplea sin encolar. Excelente unión en tableros contrachapados, tableros aglomerados, alistonados, alma enlistonada, MDF, etc.



Una variante de esta mecanización

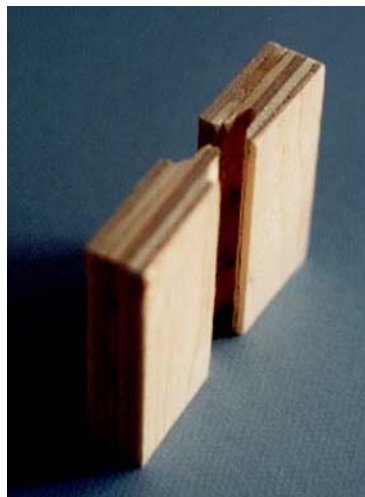


Listón moldurado por medio de la máquina Unicontrol 6.  
Cortesía de Michael Weinig AG.

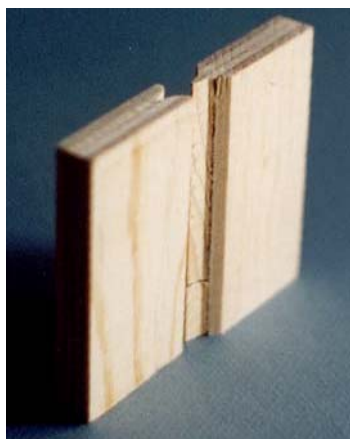
la ofrece el tablero contrachapado canadiense COFI-FLOOR que utiliza el sistema machihembrado pero con las aristas biseladas: «De esta forma se facilita el montaje cuando el tablero no está perfectamente seco o sus cantos están ligeramente curvados».<sup>1983</sup>

Actualmente el machihembrado más utilizado en construcción es el tradicional de ángulos rectos con variantes en la lengüeta:

<sup>1983</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 71.



Acoplamiento Tongue & Groove de contrachapados Easy T & G Floor, de 6 chapas, de COFI.  
Muestra remitida por CANPLY (anteriormente COFI). Canadá.



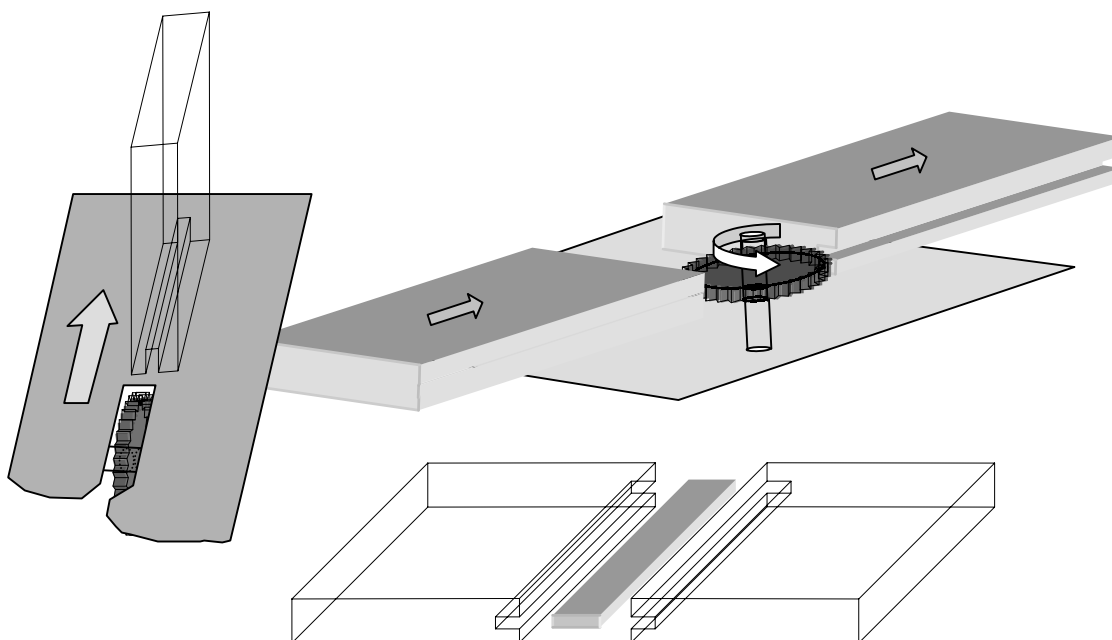
Acoplamiento Tongue & Groove de contrachapados Easy T & G Roof, de 4 chapas, de COFI.  
Muestra remitida por CANPLY (anteriormente COFI). Canadá.

- **Lambeta.**

También se la conoce por: **Ensamblaje de falsa lengüeta. Ensamble con lambeta o con lengüeta postiza. Unión por machihembrado con falsa lengüeta. Acoplamiento de alma y ranura. Costilla interior. Loose-Tongue.**

Aunque a veces se denomine como ensamblaje, es un acoplamiento ya que, en este caso, lo destinamos a unir tableros. Puede ser definida como una variante del machihembrado de ranura y lengüeta<sup>1984</sup> y parece haber algún ejemplo ya en el siglo XV.<sup>1985</sup>

Su grosor equivale a 1/3 del grosor de los tableros que se van a unir.



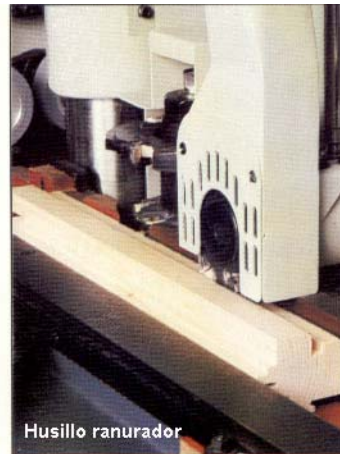
Es un buen acoplamiento para soportes que pueden estar expuestos a la humedad, pues la mayor parte del encolado queda oculto o no expuesto al exterior.

Más fuerte que la junta a tope, realiza acoplamientos excelentes en tableros contrachapados, aglomerados, alistonados, alma enlistonada, MDF, etc.

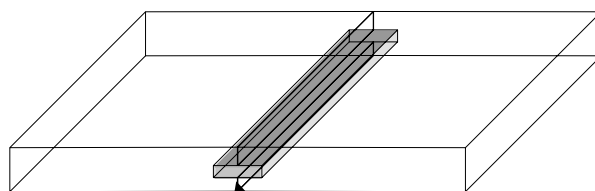
---

<sup>1984</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 223.

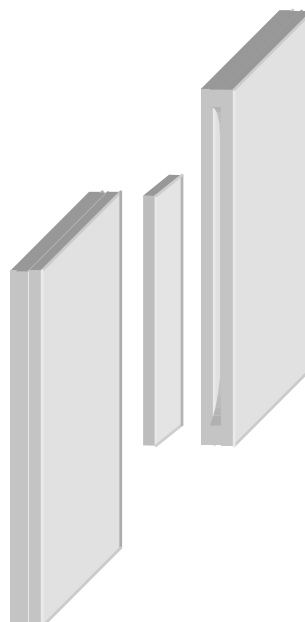
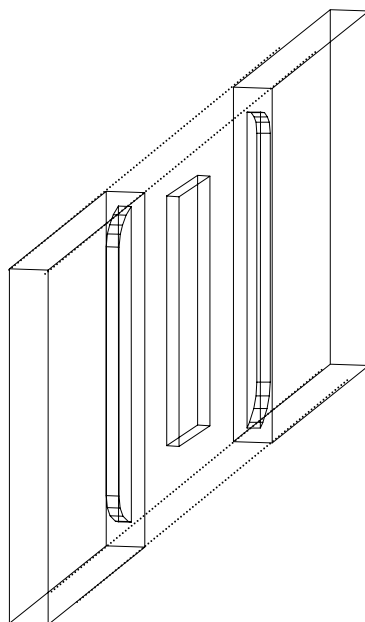
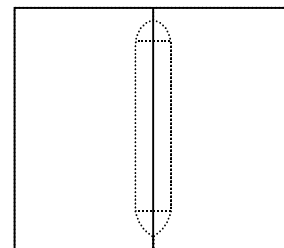
<sup>1985</sup> Prieto Prieto, op. cit., pág. 210.



Husillos Unicontrol 6.  
Cortesía de Michael Weinig AG.



Alma o lengüeta postiza o lambeta.



La lambeta puede ser de madera al hilo o no, aunque normalmente se soluciona satisfactoriamente con un contrachapado.

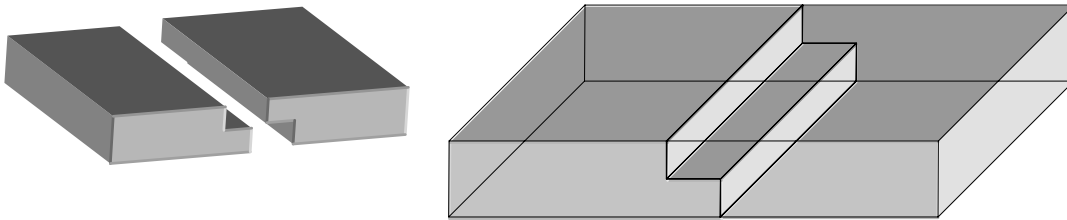


Lambetas uniendo tablas de jatoba.

La ranuras de los ensamblajes tienen holgura para que pueda depositarse el exceso de cola. En inglés se les conoce con el término *glue pockets* (bolsas de cola o de resina).

- **Juntas a media madera.**

Otras denominaciones: Junta de medio empalme. Medio machihembrado. Unión por traslapo.

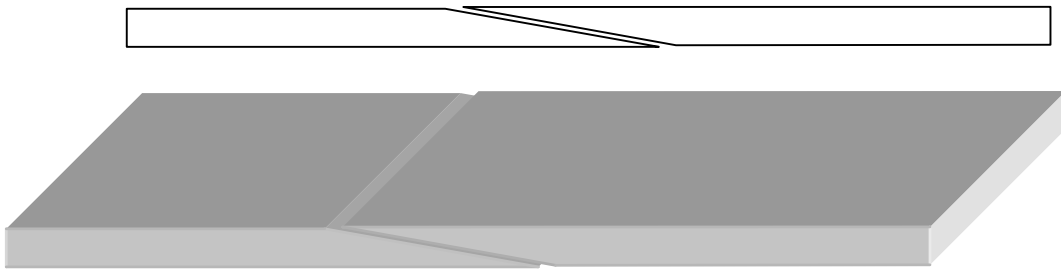


Hydromat 23, 23 C y 30. Cepillado y perfilado.  
Cortesía de Michael Weinig AG.

- **Junta en bisel. Empalme en bisel. Unión a tope oblicuo.**

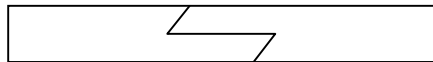
Es el empleado en los “Tableros Maxi” de Schauman Wisa®. La resistencia de la junta es de, aproximadamente, el 90% de la resistencia normal del tablero.





- **Junta de doble empalme biselada.**

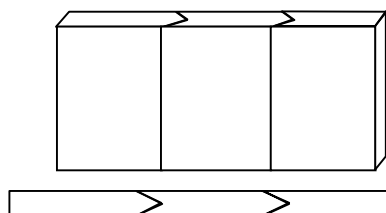
Muy fuerte pero de difícil realización



- **Acoplamientos por “finger-joint”.**

También aparece como: **Acoplamiento en cuña. Acoplamiento tipo “Speedwall”.**

Podemos ver sus antecedentes en este otro tipo de acoplamiento de canto moldurado, en el que se aprecia una mayor superficie de encolado respecto de la unión por encoladura.



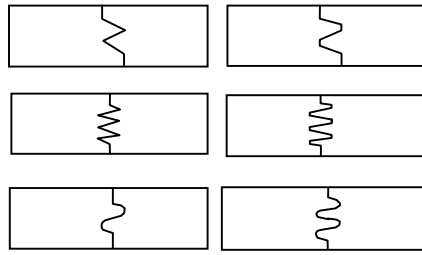
Acoplamiento en cuña o  
mecanizado en forma de “V”.

El



tablero (contrachapado) canadiense COFI-ROOF presenta este tipo de mecanizado en sus cantos para facilitar el acoplamiento de tableros. El grosor de estos tableros suele ser de 11 y 12,5 mm

Otros posibles antecedentes:



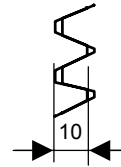
Normalmente el encolado suele hacerse inmediatamente después del mecanizado para que, por efecto del trabajo de la madera, no se produzcan deformaciones que impedirían el correcto encolado.

La presión de encolado está relacionada con la profundidad de entalladura:

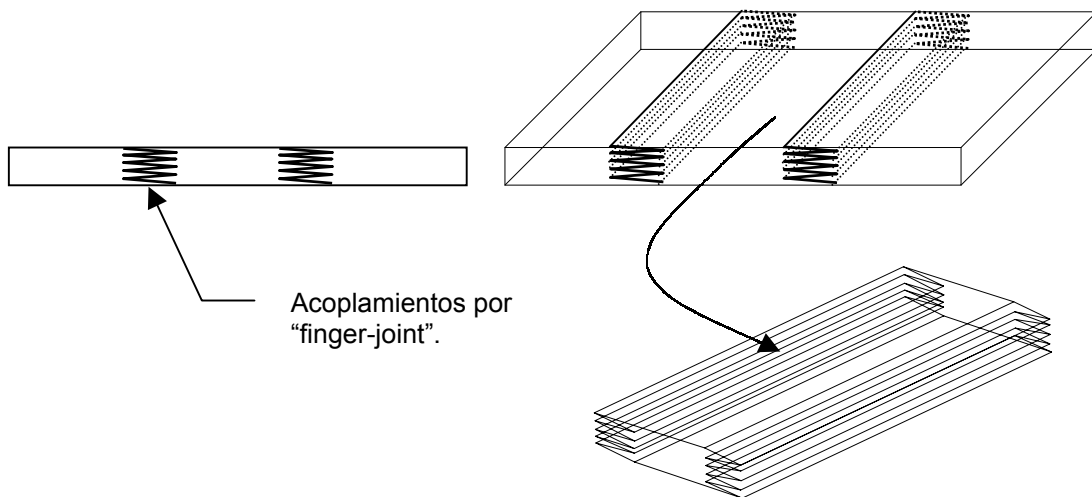
Presión mínima: superior a  $10 \text{ Kg/cm}^2$ . A más profundidad de entalladura menos presión y a la inversa. (Por ejemplo: profundidad de 10 mm, presión:  $120 \text{ Kg/cm}^2$ ).

La presión dura pocos segundos.

Los anillos deben tener la misma orientación para evitar unir despieces radiales con tangenciales.<sup>1986</sup>



El sistema mejora al aumentar la superficie de contacto por medio de entalladuras múltiples.



Acoplamientos por  
"finger-joint".

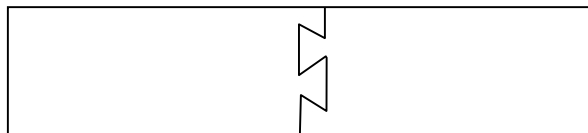
#### ○ **Acoplamientos por cola de milano.**

La cola de milano va a depender de la anchura de los tableros a unir.

Complicado de hacer.

<sup>1986</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 132.





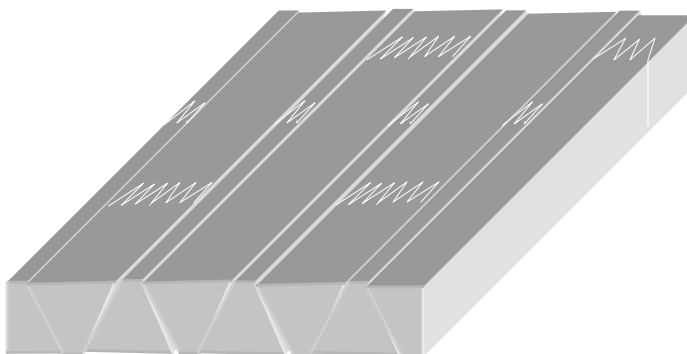
- **Acoplamientos (Dentados).**

La empresa RWS-ENGINEERING OY, de Finlandia, proporciona un tablero de madera maciza con este singular acoplamiento.



- **Acoplamiento por medio de corte triangular radial, con empalmes en finger-joint.**

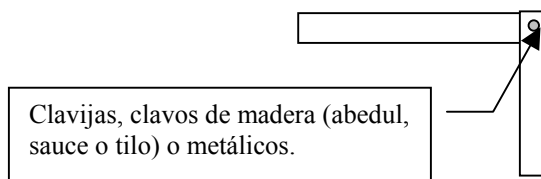
Se refiere al tablero conocido como *Primwood*<sup>1987</sup>, obtenido del aserrado en estrella del que hablamos en el capítulo correspondiente al “Aprovechamiento de la madera en bruto”. Las líneas de cola pueden hacerse visibles con la incorporación de color.



### 11.1.2.3 Ensamblajes.

Hasta muy entrado el siglo XX los ensamblajes realizados sobre listones de madera maciza solían reforzarse con espigas o clavijas de madera y, a veces, con clavos. De esta manera se aseguraba la unión y se evitaba el desplazamiento de los listones. Con el tiempo esos elementos tomaban holgura, por desencolado, hinchazones y contracciones, etc.

<sup>1987</sup> “Primwood”, *Aitim*, nº 196, nov-dic, 1998, Aitim, Madrid, pág. 167.



- **Ensamblajes perimetrales. Ensamblajes periféricos.**

Como su nombre indica son uniones que se producen perimetralmente, formando, normalmente, ángulos de 90°.

○ **Ensamblajes perimetrales de ángulo o en esquina.**

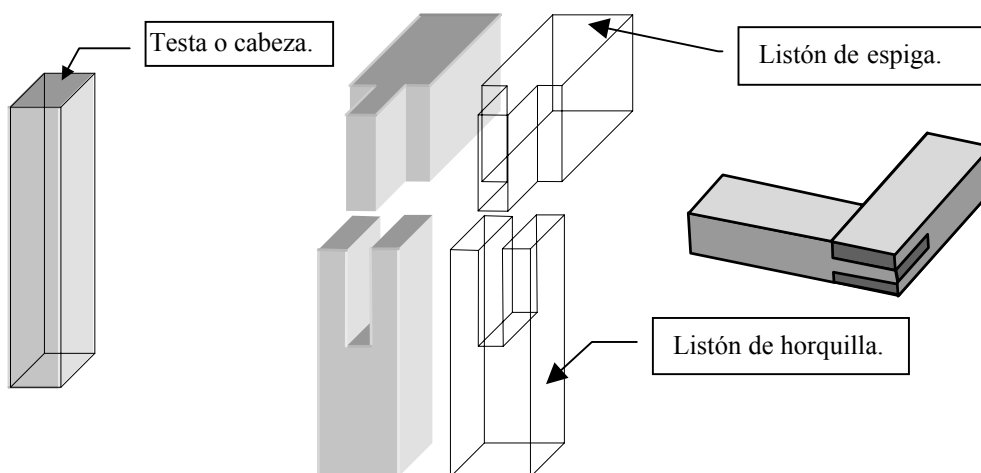
□ **Ensamblaje de horquilla en ángulo.**

Es conocido también por: **Ensamblaje de espiga pasante y escopladura. Unión de caja y espiga pasante. Unión en ángulo recto con espiga abierta. Ensamble de espiga y horquilla. Ensamble de tenaza. Cajado por testa. Ensamblaje Mortise & Tenón.**

Sencillo de elaborar, es de los ensamblajes más firmes por la gran superficie de encolado con la que cuenta.

Ha sido y es bastante corriente.

Jackson lo incluye en el mismo grupo que los ensamblajes de caja y espiga, pero según los cortes practicados tiene mucho que ver también con los ensamblajes a la media madera.<sup>1988</sup>



<sup>1988</sup> Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 232

No se deja holgura porque el veteado está dispuesto en sentido longitudinal.

Espaldón trasero de la escopladura.

Escopladura (muesca).

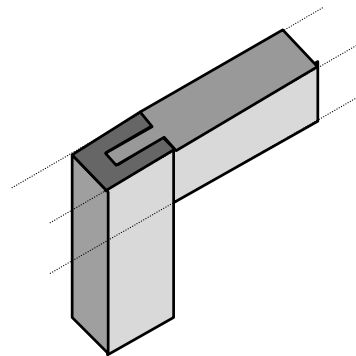
Espaldón delantero de la escopladura.

1/3 del grosor del listón.

#### □ Ensamblaje a espiga y escopladura ciega.



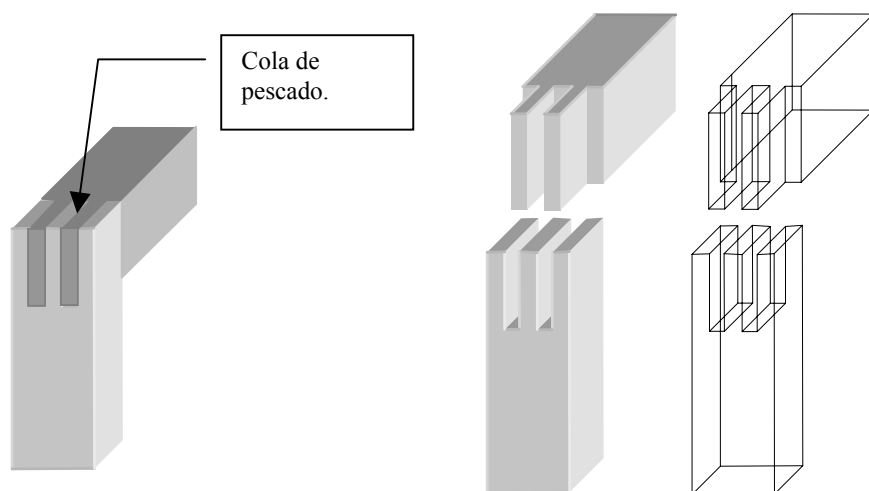
Retestadora fresadora taladradora  
Balestrini.  
Cortesía de Calvomaq.



#### □ Sistema de unión duplicado.

También se le denomina . **Unión en ángulo recto, con doble espiga al exterior. Ensamble a cola de pescado.**

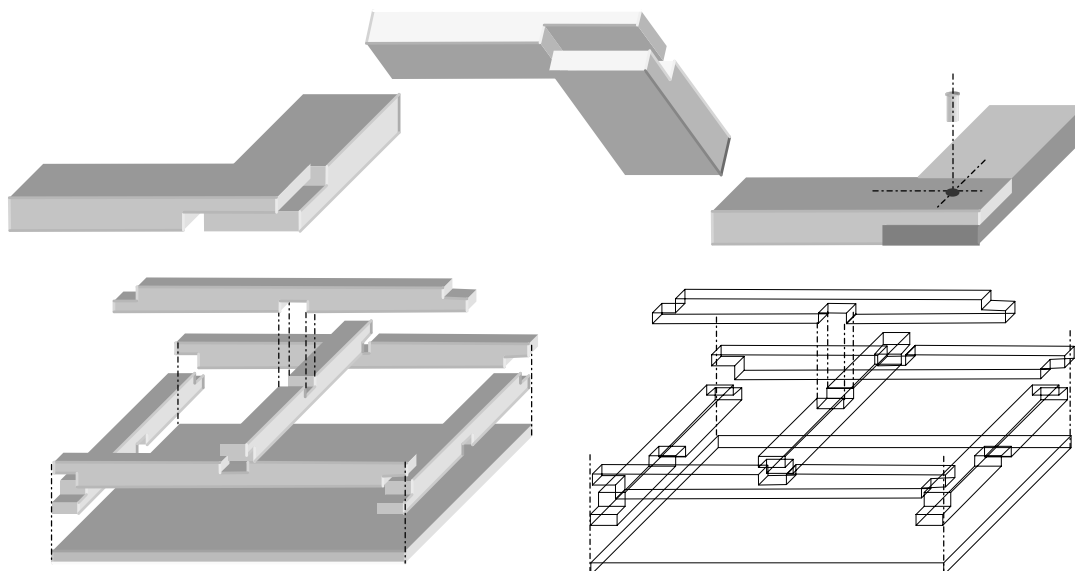
Suele utilizarse cuando los listones que vamos a usar tienen bastante grosor. De esta manera se asegura perfectamente el ensamblaje.



#### ❑ **Ensamble de media madera a tope.**

Otra denominación: **Ensamble a media madera en esquina. Solape simple. Ensamble de medio empalme. Junta en ángulo de extremos montados.**

Ensamblaje muy sencillo de realizar pero poco resistente, debiendo reforzarse a veces con clavijas o con tornillos y debiendo realizar su encolado perfectamente.



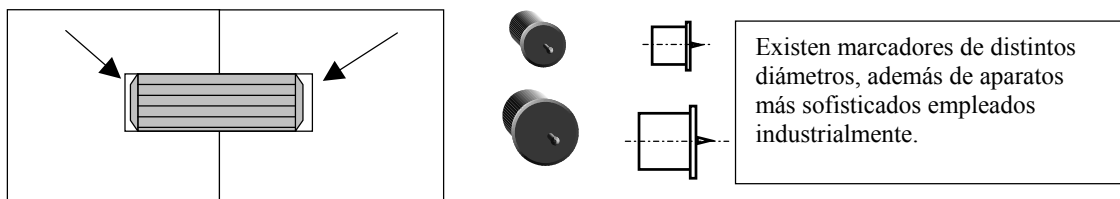
#### ❑ **Unión a tope mediante dos clavijas.**

También se conoce como **Ensamble con clavijas.**

Ensamblaje de realización rápida y sencilla. El ahorro de esfuerzo y madera es considerable, pero puede complicarse sin las herramientas apropiadas.

La longitud de los orificios debe ser ligeramente superior a la longitud de las clavijas.

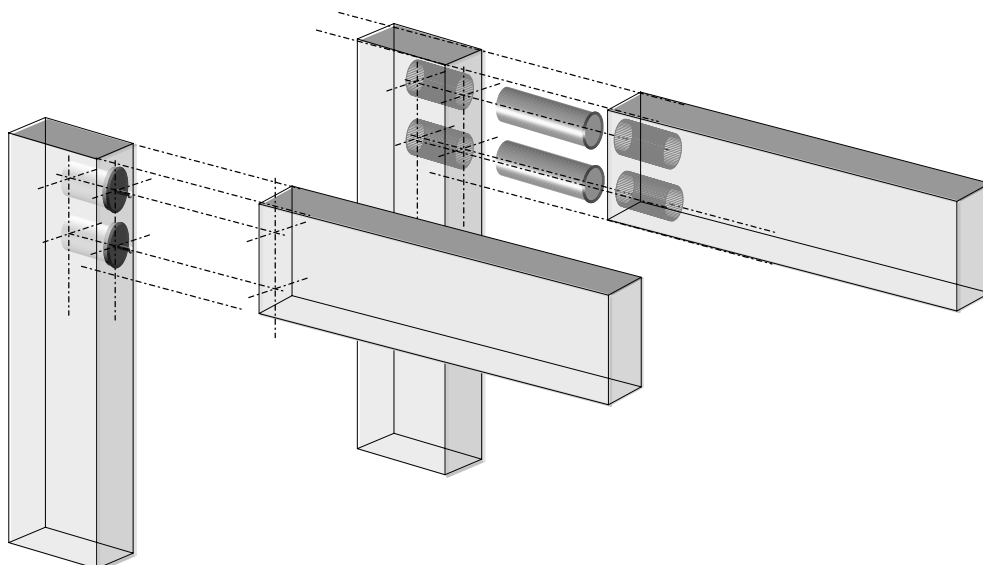
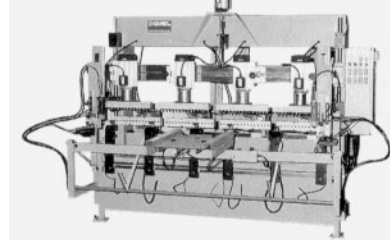
Para que sean eficaces, «en los ensambles de bastidores suelen ponerse dos clavijas que no deben estar a menos de 6 mm de los bordes.»<sup>1989</sup>



Escopleadora taladradora multi mandril con brocas horizontales y verticales PRAGMA-TOP

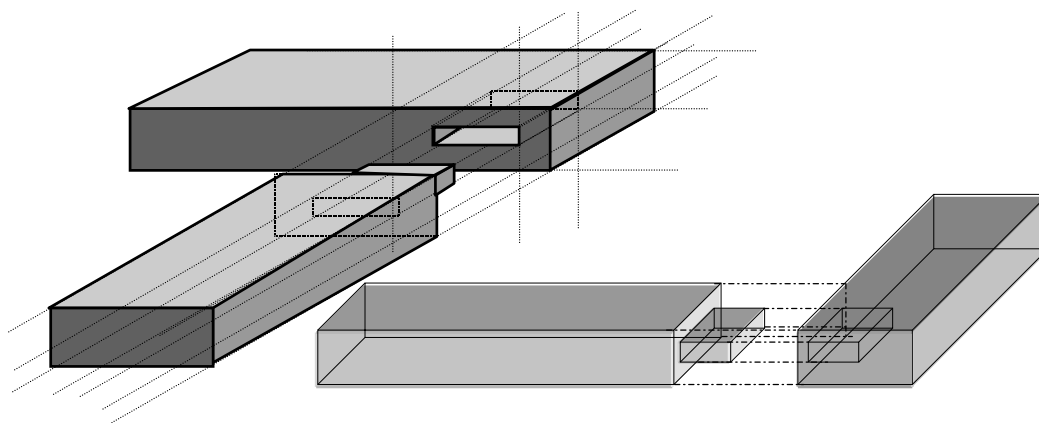
Cortesía de Calvomaq.

Taladradora múltiple horizontal/vertical con cargador FM/OV 2200 4+4 CAF



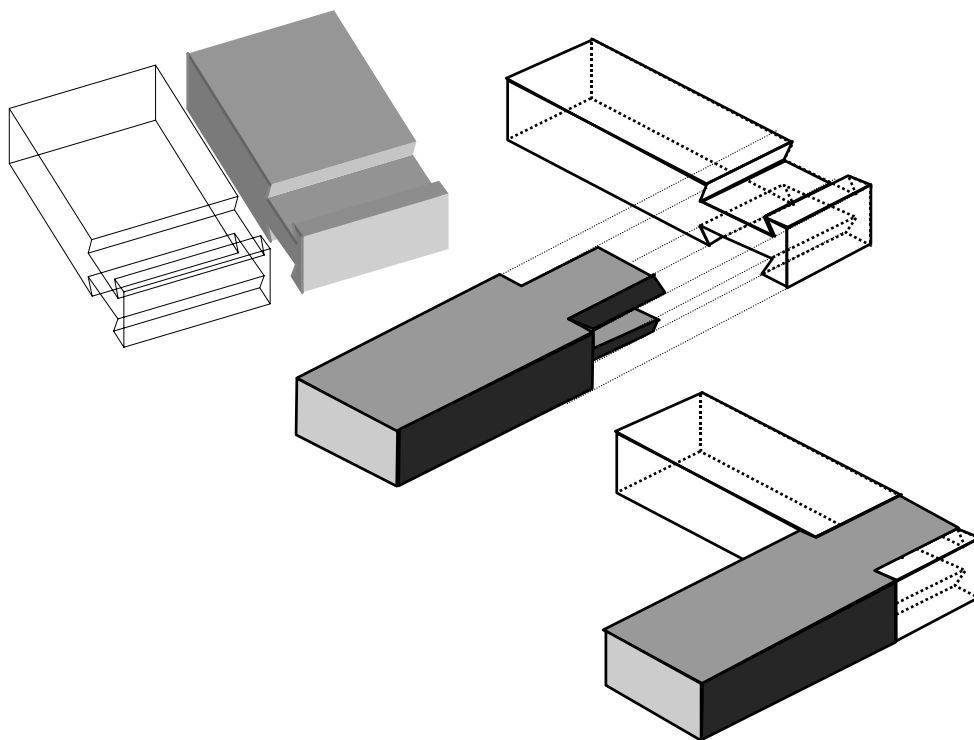
<sup>1989</sup> Albert Jackson et. al., op. cit., pág. 237.

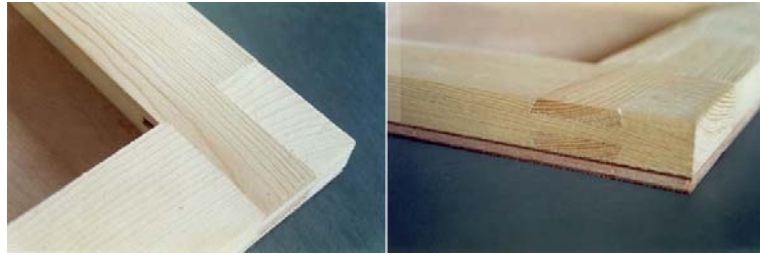
- **Unión en ángulo recto a espiga sencilla y caja.**



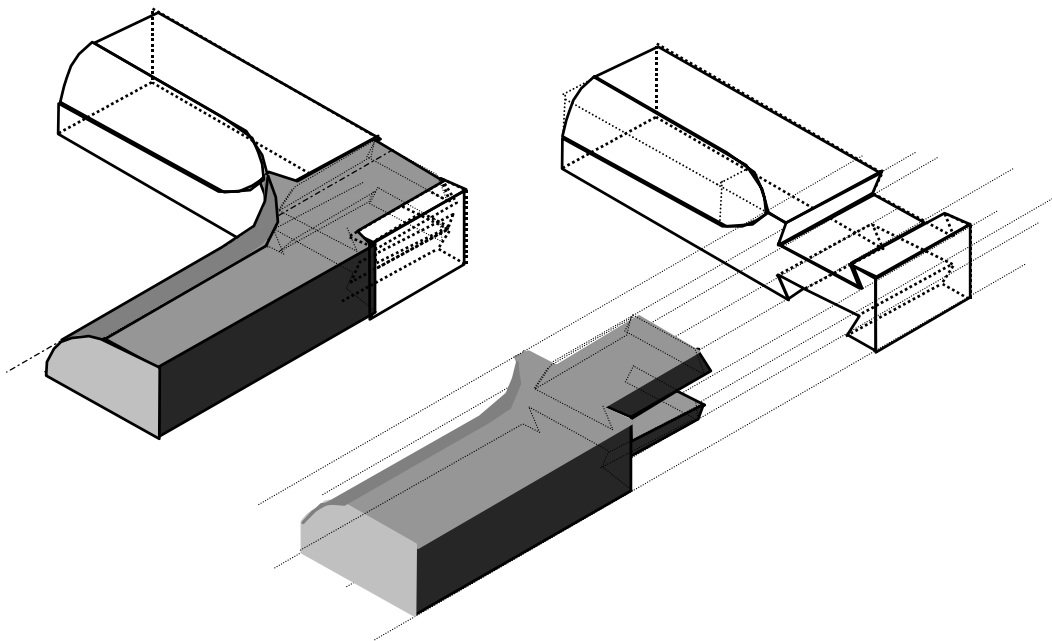
- **Ensamble a horquilla con los cantos biselados (para marcos articulados).**

El uso más habitual de este ensamblaje es la construcción de **marcos articulados**. En ese caso los listones no irán encolados para así facilitar la introducción de una cuña y así poder tensar la tela. En el caso que nos ocupa se encolarán todos los listones.





En el caso de los marcos articulados se efectúa un bisel en la cara de los listones para evitar que la tela toque lo menos posible el bastidor.



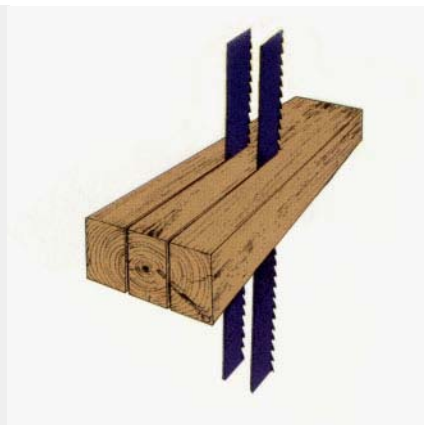
#### □ Juntas vivas.

Otras denominaciones: **Juntas encoladas al tope. Simple unión. Ensamble a tope cortado a escuadra.**

Ensamblaje sencillo de elaborar, no realiza una sólida unión de listones por sí mismo, necesita de otros elementos que aseguren más fuertemente el ensamblaje.

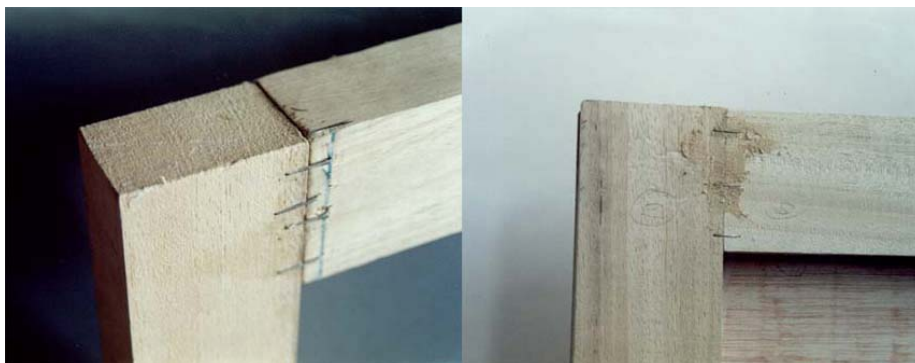
Es el más usado cuando se requiere rapidez de ejecución o no se tienen suficientes conocimientos en materia de estereotomía de la madera. Es de las uniones más defectuosas y poco firmes, dado que es difícil efectuar cortes adecuados sin los medios mecánicos apropiados, además de poseer poca superficie de contacto (encolado) entre los listones a unir.

El mayor defecto entre los practicantes de arte que se fabrican sus propios soportes por este método, es que no les preocupa en exceso el cortar a escuadra la/las testa/as que van a ser ensambladas y por ello se producen ensamblajes absolutamente desastrosos que no cumplen con el fin para el que han sido diseñados. La holgura existente entre listones no asegurará la unión por mucho tiempo; esto acarreará la deformación del tablero al no cumplir el bastidor con su cometido.



Sierra de cinta múltiple Waco BKL-Twin.  
Cortesía de Michael Weinig AG.

El hecho de emplastecer las juntas a posteriori, es decir, una vez encolado el tablero, no sirve de nada, pues con ello no se asegura la rigidez estructural que necesita el bastidor. Introducir, asimismo, cuñas y grapar todo ello después, tampoco soluciona el problema, sólo lo disimula.



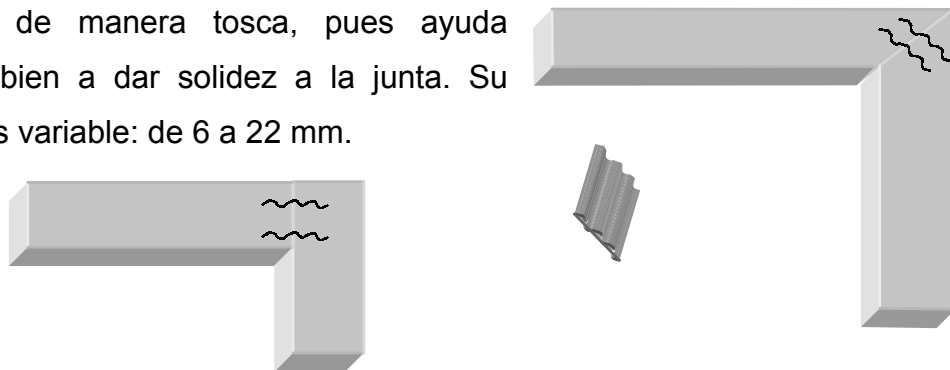
Ensamblajes de ángulo por simple unión de construcción defectuosa: con holgura por cortes incorrectos, ayudados por grapas y emplastecidos, en un intento de solucionar lo que ya está mal hecho desde el principio.



Conviene que el adhesivo a usar no sea excesivamente fluido ya que vamos a encolar una testa con el canto de otro listón y es sabido que las testas absorben más adhesivo y más rápidamente que los cantos, por la disposición de sus fibras.<sup>1990</sup>

Podemos ayudarnos de mordazas, gatos de apriete, sargentos, etc., incluso de grapas para asegurar la unión mientras dura el encolado. En el caso de usar grapas ordinarias (elemento quizá más usado) estas deben tener una longitud suficiente para que realmente cumplan su misión.

Más utilizadas en la elaboración de marcos, y también más seguras, son las grapas onduladas. Este tipo de fijación podemos usarlo también en ensamblajes a inglete. Son también apropiadas para cualquier tipo de unión realizado de manera tosca, pues ayuda bastante bien a dar solidez a la junta. Su tamaño es variable: de 6 a 22 mm.



Un error bastante común es el de encolar directamente los listones al tablero sin haber realizado previamente el bastidor. Realmente lo que estamos haciendo con ello es encolar simples trozos de madera a un tablero, pero no estamos reforzando un soporte. El bastidor ha de ser una estructura, a ser posible, indeformable ya que si no, no tiene sentido su utilización. Hacerlo así acarrearía un peso extra al tablero sin beneficiarle en nada.

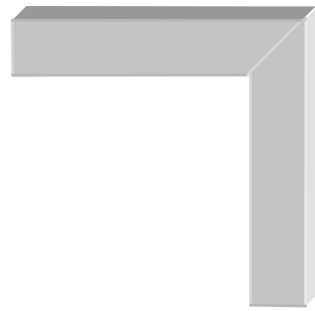
#### ❑ **Ensamblaje a inglete.**

Ensamblaje poco complicado de ejecutar. Amplía la superficie de contacto respecto a las juntas vivas, aunque en ambos sería deseable la incorporación de clavijas, tacos planos, etc. para asegurar mejor la unión.

---

<sup>1990</sup> Las fibras se orientan en dirección longitudinal formando haces tubulares, por eso la humedad avanza más rápidamente en sentido longitudinal (paralelo a las fibras) que en sentido transversal a las mismas.

A pesar de no ser complicada su elaboración no suelen obtenerse buenos resultados si no se realizan con caja de ingletes, con ingletadoras, guillotinas, etc. Las juntas acaban abriéndose.

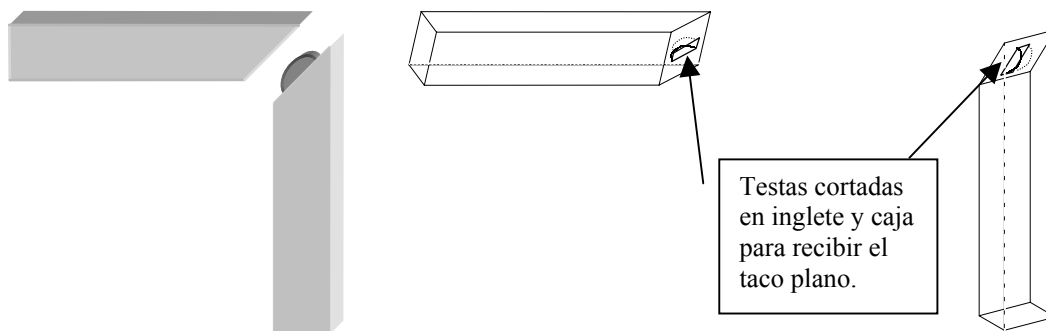


La unión siempre va, como mínimo, encolada.

#### ❑ **Ensamblaje a inglete con tacos planos.**

La diferencia con el anterior es evidente. Se ha procedido a reforzar el ensamblaje con una pieza de madera en forma de disco. La manera de proceder es la misma que si de clavijas se tratara.

Este tipo de unión siempre va encolada.



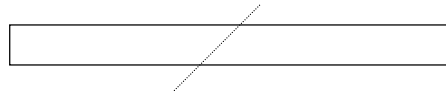
#### ❑ **Ensamblaje con lambeta.**

También se les conoce como . **Ensamble en ángulo con lengüeta interna.**

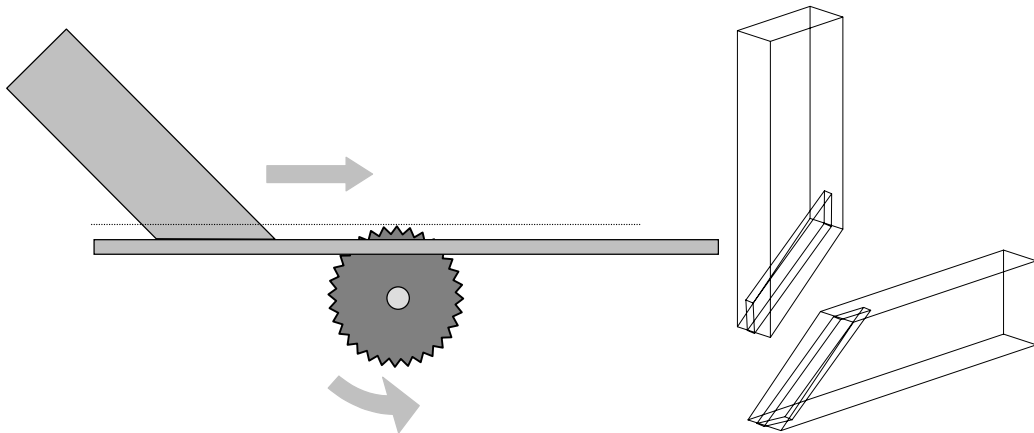
Este sistema da una gran solidez a la unión al incorporar una pieza de madera, normalmente de contrachapado, y aumentando la superficie de encolado. La pieza que se incorpora ayuda a mantener el paralelismo entre los listones que se van a ensamblar.

El proceso de elaboración es bastante simple siempre y cuando se cuente con las herramientas apropiadas.

En primer lugar cortamos los listones en inglete.

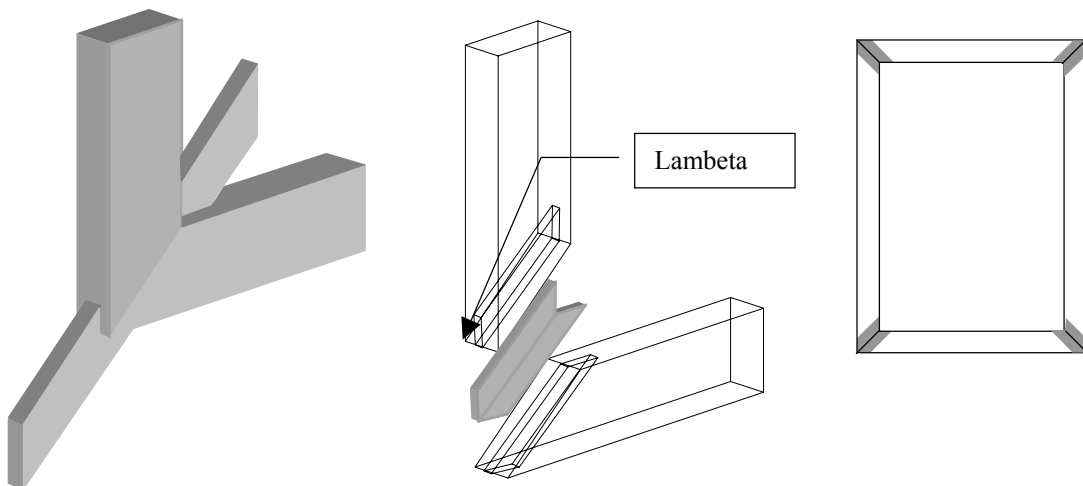


Con la sierra circular hacemos la ranura que alojará la lambeta.

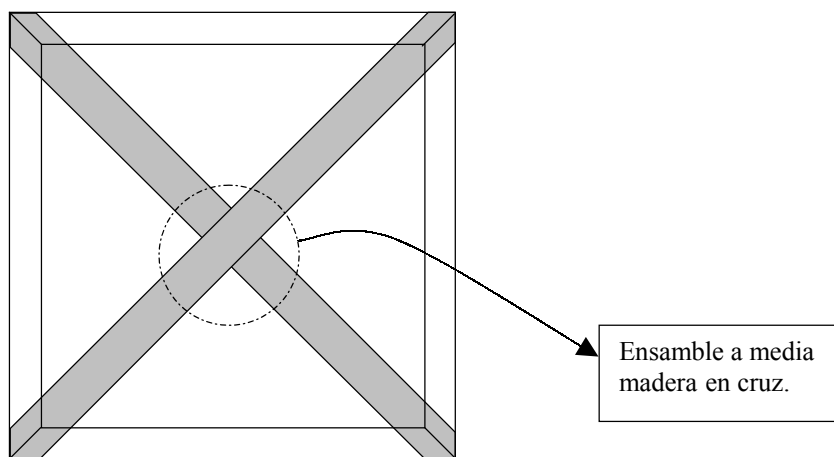


Cortamos un listón (contrachapado de  $\frac{1}{3}$  del grosor del listón con el que haremos el bastidor).

Encajamos el listón en las ranuras practicadas en los listones del bastidor. A continuación cortamos los sobrantes, quedando así hecha la lambeta.



Este tipo de ensamblaje ofrece la posibilidad de aplicar refuerzos en Cruz de San Andrés, de esta manera podemos reforzar el tablero con dos sistemas a la vez.

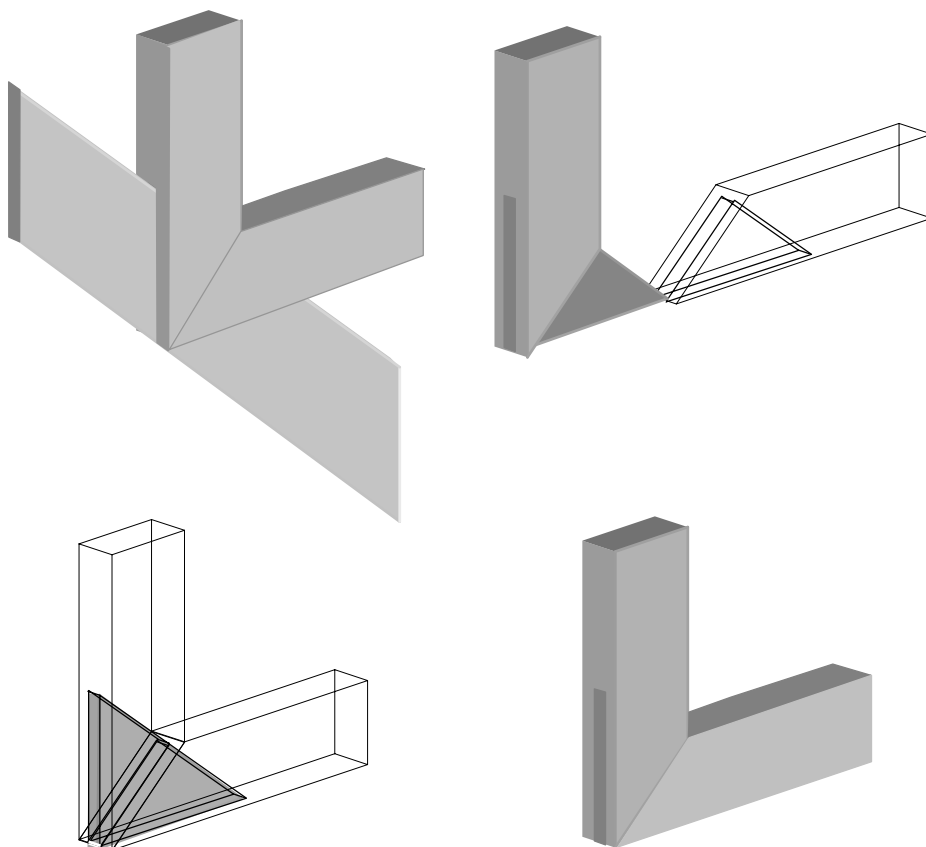


El perfil de los listones de refuerzo sería el siguiente:



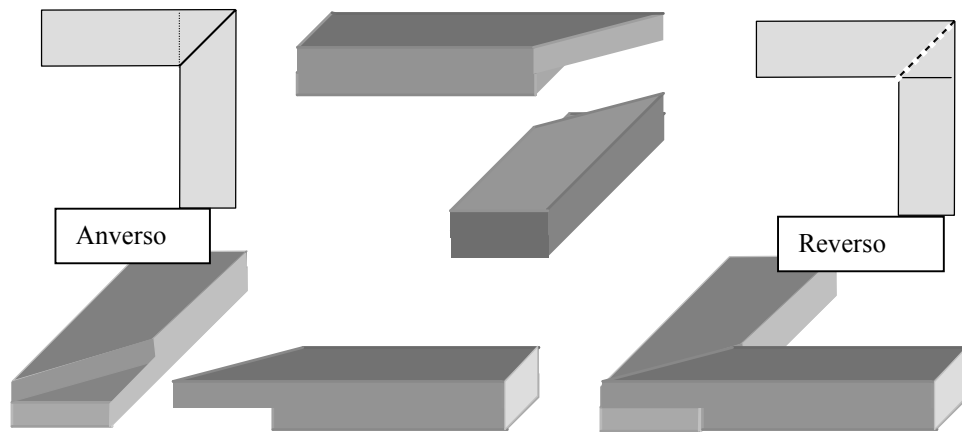
□ **Ensamble con lengüeta postiza.**

También se les conoce como **Ensamble por lambda en ángulo.**



#### ❑ **Ensamble a media madera con inglete.**

Este tipo de ensamble tiene una menor superficie de contacto que el ensamblaje a la media madera en esquina. No es muy laboriosa su realización pero tampoco ofrece una unión demasiado firme salvo que se refuerce con clavijas de madera, tornillos, cartabones, herrajes, etc.

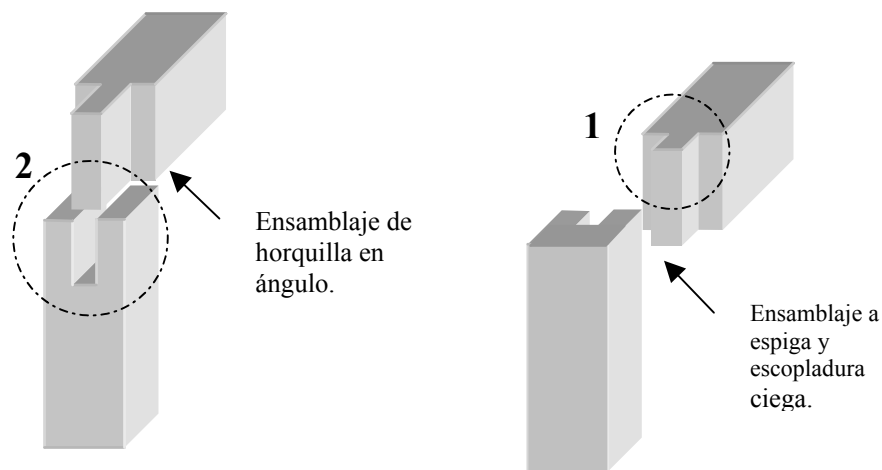


#### ❑ **Ensamble a espiga con barbilla.**

Otras denominaciones: **Ensamble de caja y espiga con cogote (escuadrado).**

Se encuentra íntimamente relacionado con los ensamblajes de horquilla en ángulo y con los de espiga y escopladura ciega, por la disposición de los cortes practicados en las testas. Esta variante pretende solventar dos problemas que se presentan en los ensamblajes citados y con los que se relaciona:

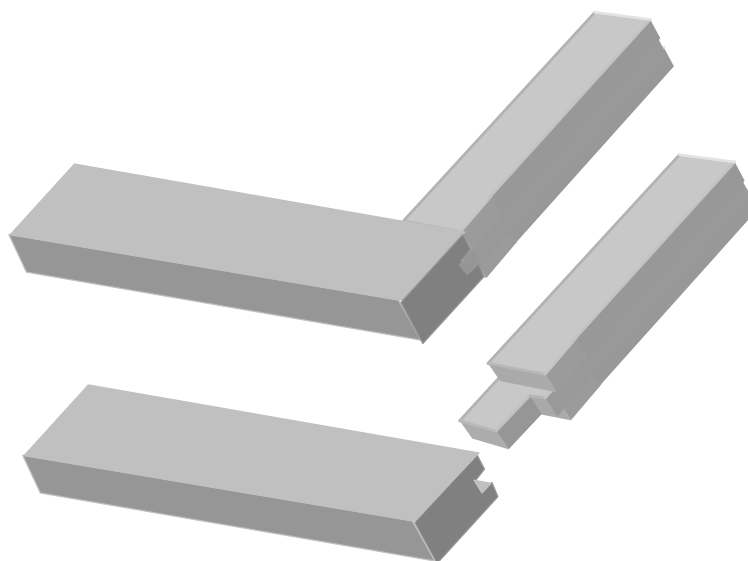
1. Aumentar la longitud (y con ello la solidez de la unión) de la espiga en los ensamblajes de escopladura ciega.
2. Evitar que la caja quede abierta totalmente por el canto como sucede con los ensamblajes de horquilla en ángulo.



Jackson ve la solución de estos problemas en practicar un cogote o barbilla en el listón de espiga y una caja equivalente en el otro listón; establece, además, el tamaño que debe tener:

Cuando una junta de caja y espiga se coloca en la esquina de un bastidor rectangular, se presenta un problema que hay que solucionar si se quiere que los cantos exteriores queden nivelados. Para una buena sujeción del travesaño, la espiga debería ocupar toda la anchura del listón, pero esto significaría que la caja tendría que estar abierta por el canto, lo que haría bastante débil. Para superar esta dificultad se utiliza el cogote, que permite reducir la anchura de la espiga y abrir la escopladura más abajo del extremo del montante.

Como orientación general, la anchura del cogote no debe ser superior a  $\frac{1}{3}$  de la anchura de la espiga, mientras que su longitud debe igualar el grosor de la espiga.<sup>1991</sup>



<sup>1991</sup> Albert Jackson et. al., op. cit., pág. 231.

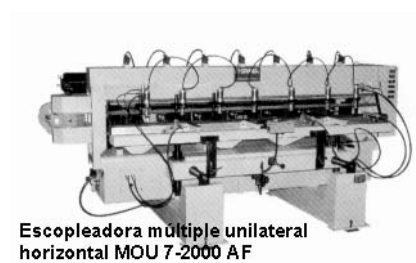
- **Ensamblajes perimetrales centrales.**

Prieto denomina, de modo general, a todos estos ensamblajes y a los ensamblajes centrales “ensamblajes medios”.<sup>1992</sup>

- **Ensamblaje en “T” con espiga abierta.**

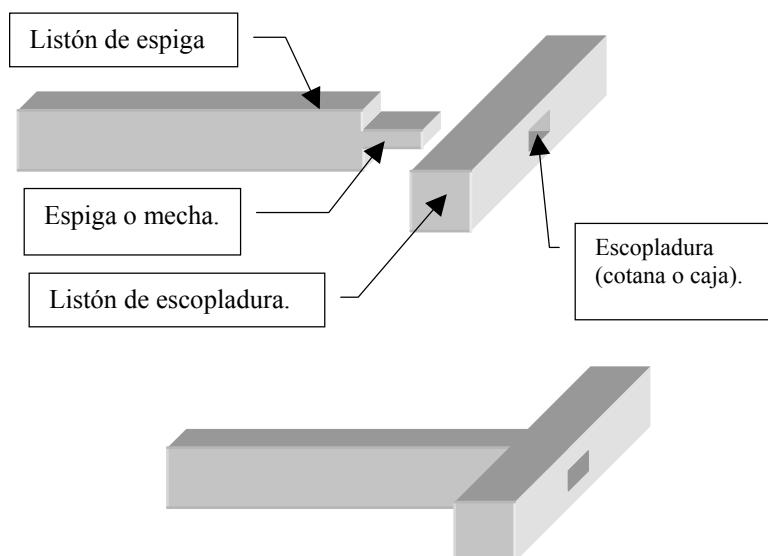
Otras denominaciones: **Ensamblaje a espigo pasante. Espigas pasantes con cuñas. Ensamble de escopladura calada.**

Estos ensamblajes pertenecen a los llamados ensamblajes de caja (escopladura) y espiga, al igual que otros ensamblajes de ángulo con sistemas similares.



Escopleadoras.  
Cortesía de Calvomaq.

Este sistema es ampliamente utilizado para la construcción de bastidores, tanto en ebanistería como para las BB.AA.

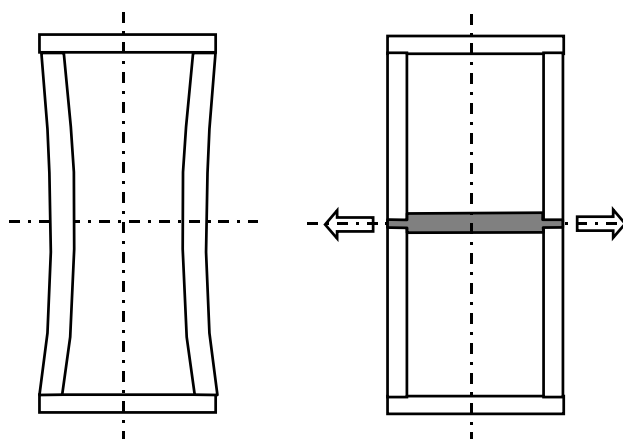


Cortesía de Calvomaq.

<sup>1992</sup> Prieto, op. cit., pág. 251.

La espiga es introducida en una escopladura con salida, de tal manera que la testa de la espiga queda visible.

Evita la aproximación de los montantes, pero no evitaría el alejamiento, dado que la mayoría de las veces van sin encolar. El ensamblaje a caja y espiga haría una función idéntica.



Dentro de este sistema existen variedades. Algunas de ellas son:

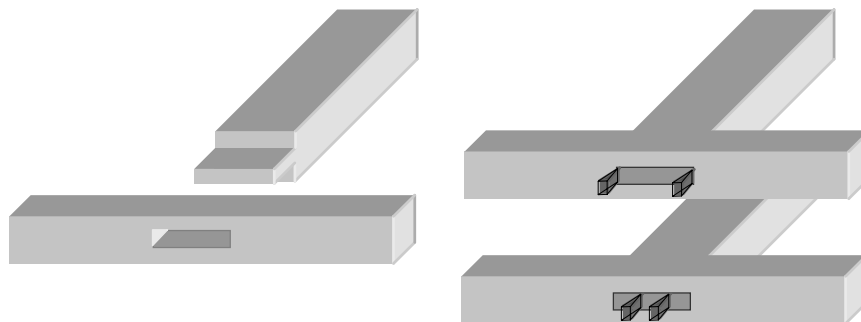
**Ensamble de caja y espiga con cuñas de refuerzo:** Al sistema



Espigadora de dos cabezales con cargador automático Nova-3  
Espigadora Balestrini.  
Cortesía de Calvomaq.

primario simplemente se le incorporan unas cuñas<sup>1993</sup> cuando la espiga está encajada. Espigas y cuñas son encoladas a la vez. Una vez seca la cola, se cortan los sobrantes de las cuñas. Las cuñas pueden ser colocadas en los extremos de la

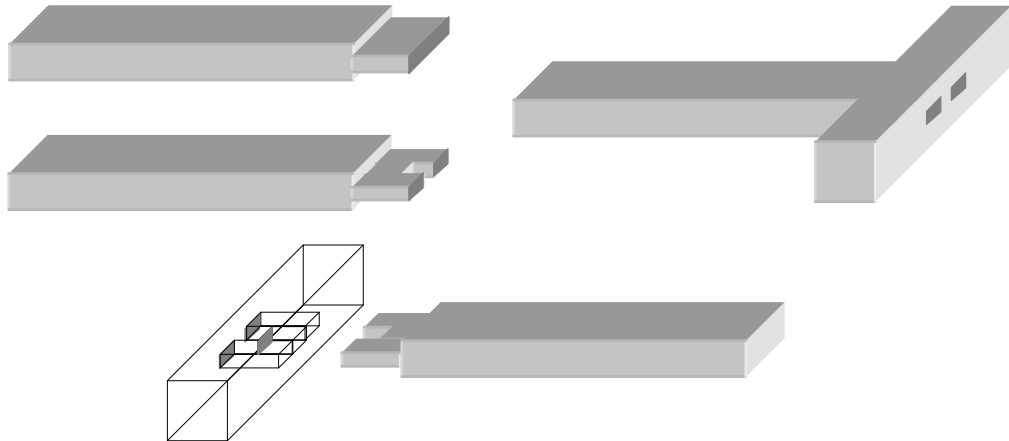
espiga o pueden ocupar posiciones centrales. Estas cuñas evitan la salida de la espiga.



<sup>1993</sup> “No hay peor cuña que la de la misma madera”. *Refranero español*.



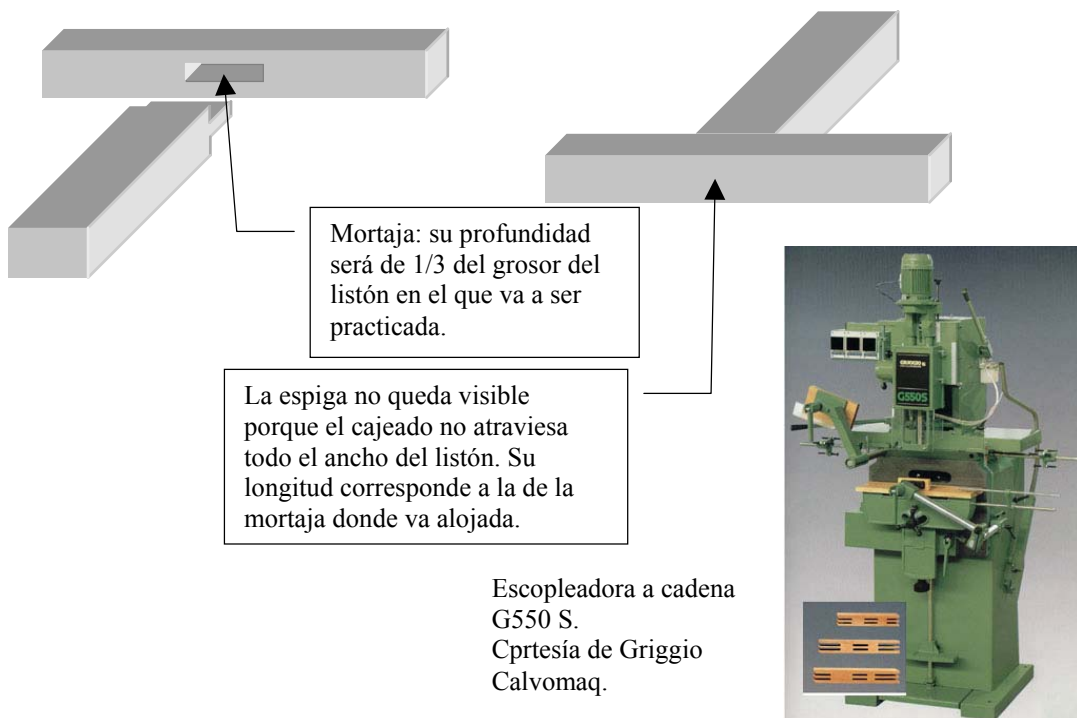
**Ensamble de doble caja y espiga:** Es un ensamblaje un poco complicado de hacer, que suele usarse cuando vamos a construir un bastidor con peinazos muy anchos. La mayor anchura de estos travesaños forzaría a fabricar una sola caja muy ancha que podría debilitar al montante. De esta manera es como si hiciéramos dos cajas más pequeñas unidas entre sí. La superficie de contacto es mayor y, por tanto, más fuerte el ensamblaje.



□ **Ensamble de espiga con mortaja (en “T”).**

Conocido como **Ensamble de espiga y escopladura ( sin calar).**

Es el mismo sistema que el ensamblaje en “T” con espiga abierta pero

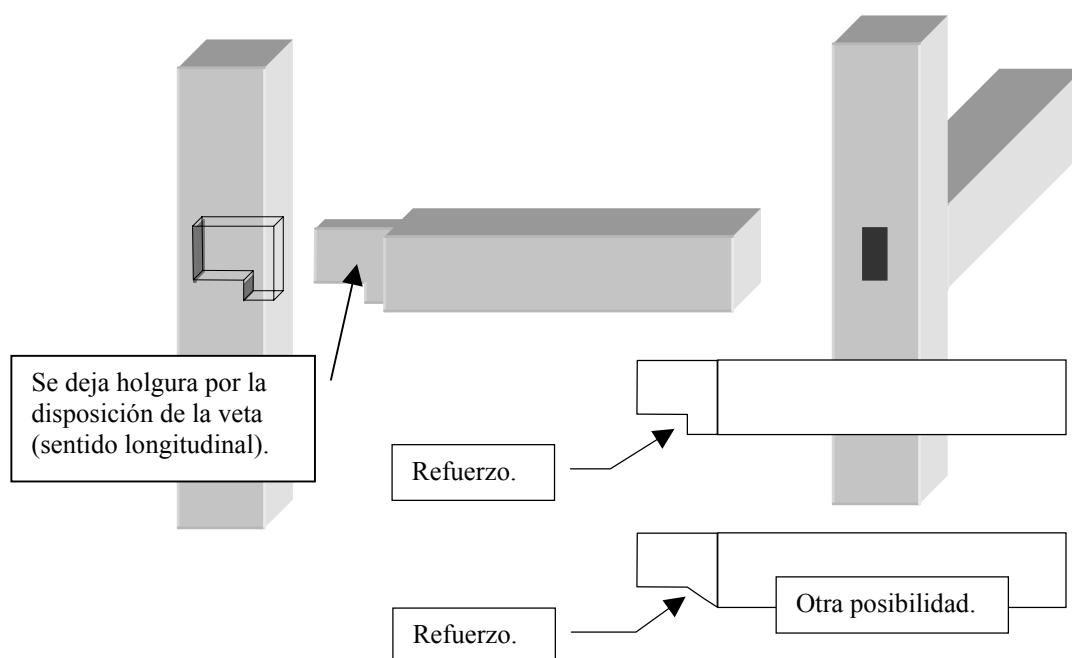


aquí la espiga queda oculta por el cajeadado ciego o mortaja.

Hay una variante de este sistema que incluye cuñas internas de refuerzo (espiga y escopladura ciega con refuerzo de contraclavijas). Este refuerzo impide que el listón de espiga pueda salirse del ensamblaje.

#### ❑ **Espiga con barbilla.**

Todo lo dicho anteriormente sobre el ensamble a espiga con barbilla (en los ensamblajes de ángulo) es válido para éste ya que sólo se diferencian en la ubicación dentro del bastidor: en este caso se trata de ensamblajes perimetrales centrales.

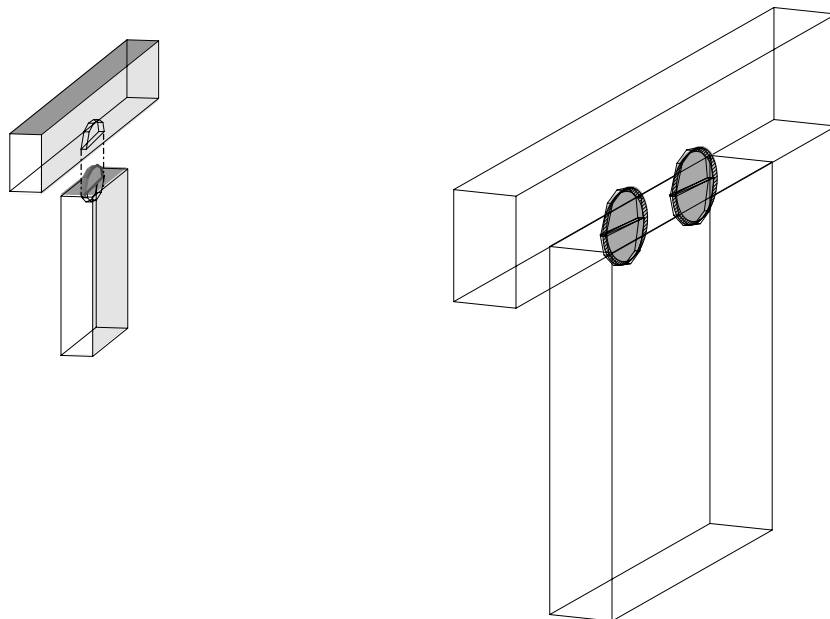


#### ❑ **Ensamblaje a tope con tacos planos. Galletas.**

Se trata de realizar entalladuras<sup>1994</sup> en las que alojar pequeñas piezas que unirán un listón con otro. Las piezas alojadas suelen ser de haya comprimida<sup>1995</sup>, pero también las hechas de tablero O.S.B.

<sup>1994</sup> La entalladura se produce por medio de una fresadora de juntas, que viene a ser como una pequeña radial que produce una caja ovalada.

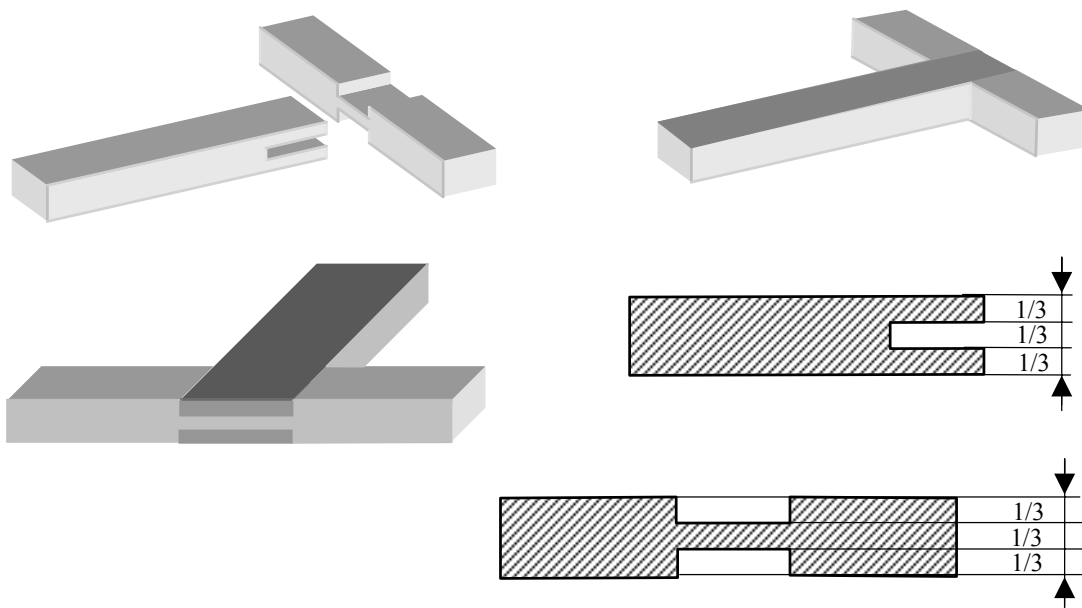
<sup>1995</sup> “(...) Cuando en el ensamble se introduce una cola de acetato de polivinilo a base de agua, el taco de madera se expande, ocupando toda la ranura y dando lugar a un ensamble tremendamente resistente. (...) Los tacos planos de madera de haya comprimida se fabrican en tres tamaños, para tableros entre 6 y 12 mm de grosor; de entre 13 y 18 mm y de 19 mm o más. Existen también tacos



□ **Unión de ensamble central a tenaza.**

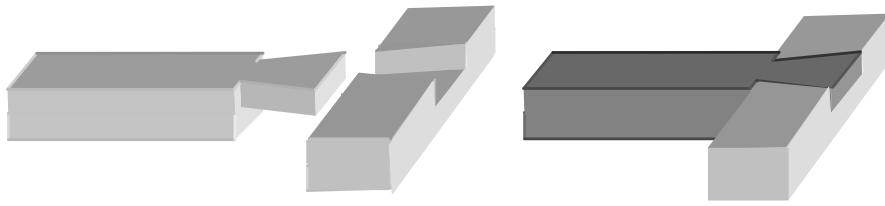
Otras denominaciones: **Ensamble de doble horquilla. Ensamble de horquilla en “T”.**

Se realizan entalladuras de  $\frac{1}{3}$  del espesor en ambos listones. Si no se deja holgura es un ensamble fuerte y seguro. Si se deja sin encolar evita la aproximación de los pero no su separación.



planos de plástico que se utilizan para hacer pruebas con los ensambles.” (Albert Jackson et. al., op. cit., pág. 136).

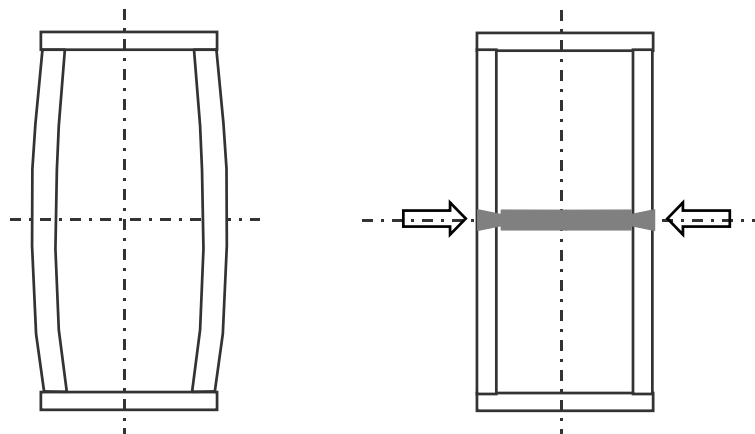
❑ **Ensamble a media madera con cola de milano.**



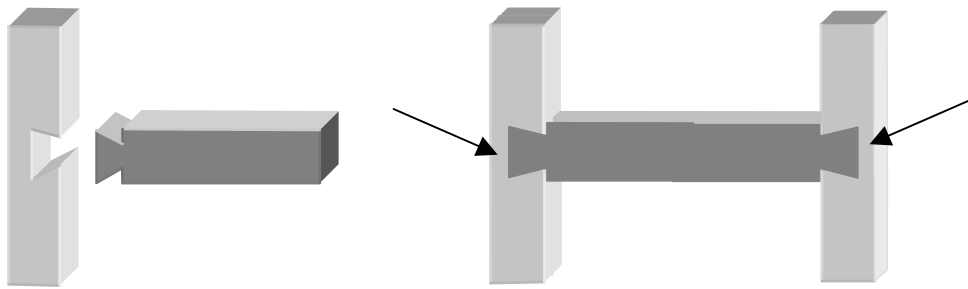
Es un ensamblaje diseñado para resistir esfuerzos de tracción tendentes a separar los listones, manteniendo paralelos dichos listones.



Dada la disposición de las colas de milano, puede emplearse para aproximar listones entre sí que tengan tendencia a separarse por fuerzas de tracción o porque estén ligeramente arqueados. De esta manera se evita su separación. Evidentemente también puede favorecer el alejamiento de montantes en los bastidores.

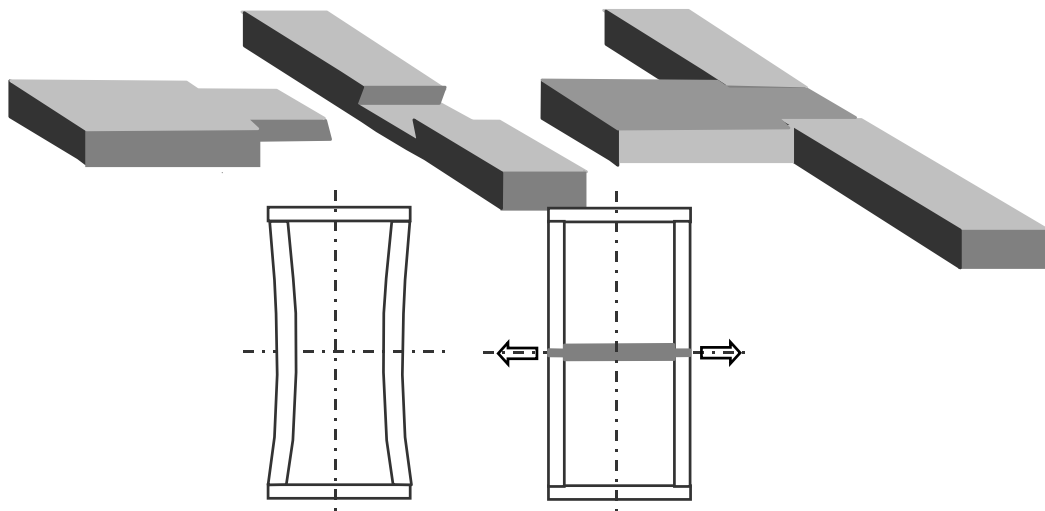


Otra posibilidad similar contempla una cola de milano no pasante, pero aquí ya no se trata de un ensamblaje a media madera, la cola de milano atraviesa al montante que presenta una forma similar a la forma que va a alojar. Su función es la misma que el sistema anterior.



□ **Unión en “T” a cola de milano.**

En el caso presente la función del travesaño, cuyas testas están labradas en cola de milano, es la de separar los montantes y mantener así su paralelismo.

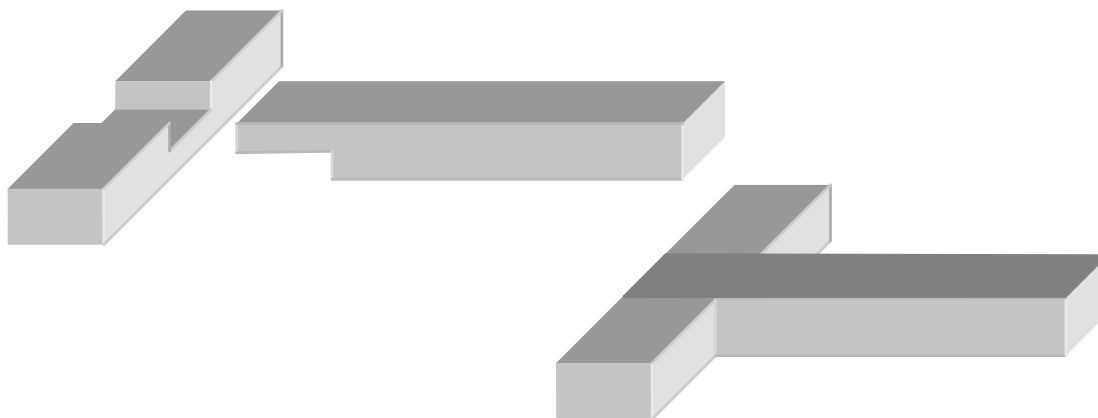


Puede ser útil para minimizar pequeños alabeos de los montantes exteriores.

Dada su disposición puede ir perfectamente sin encolar, pues salvo que tiremos de él hacia fuera no se puede mover del lugar que ocupa entre los montantes entre los cuales se encuentra.

□ **Unión en “T” a media madera.**

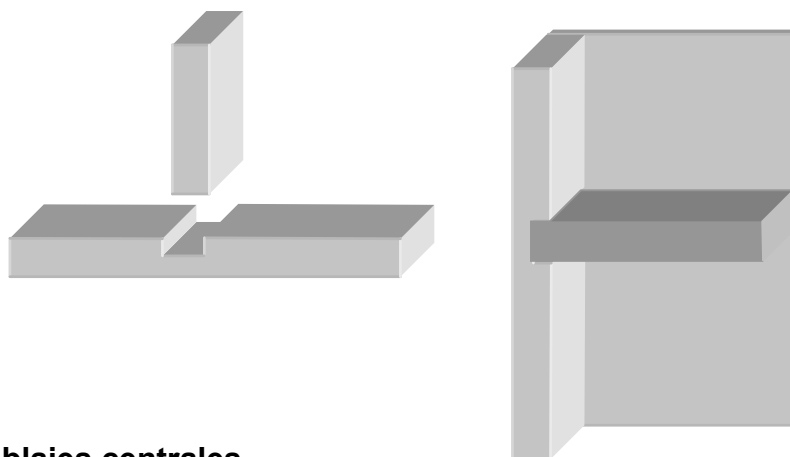
Es un ensamblaje relativamente seguro. Si el cajeado tiene demasiada holgura no serviría de gran cosa. Aún así tiene una amplia superficie de contacto entre ambos listones.



Es aconsejable reforzar la unión por medio de tornillos, clavijas, placas de unión, etc.

Puede utilizarse para evitar la aproximación de montantes ligeramente curvados que tendieran a aproximarse entre sí.

▣ **Ensamblaje por incisión (para bastidores de canto).**



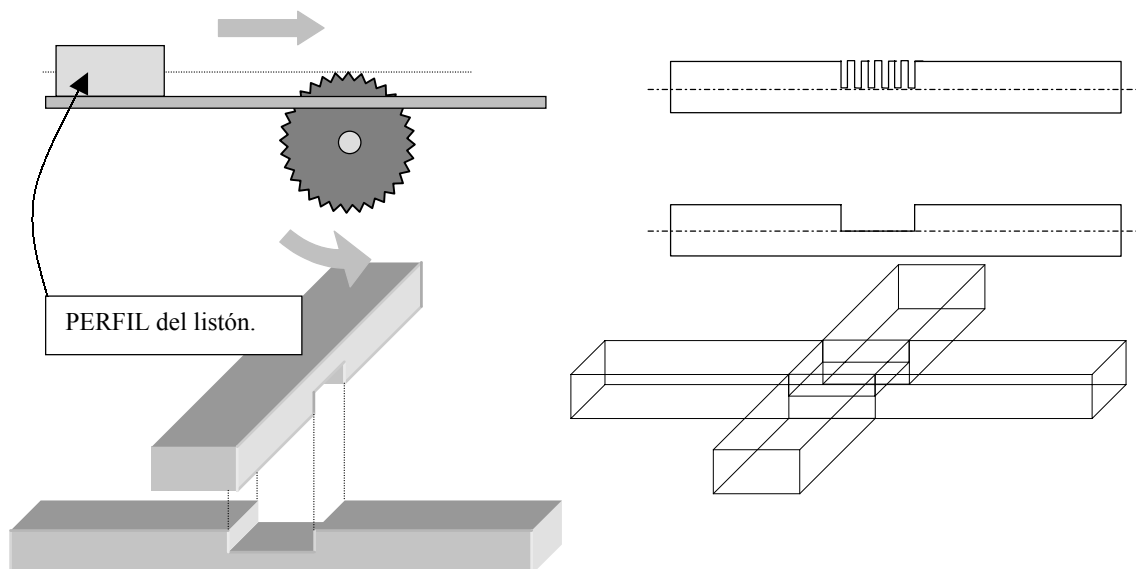
- **Ensamblajes centrales.**

También se les conoce como: **Construcción basada en cruces o crucetas. Ensamblaje de cruce. Ensamblaje de solape cruzado. Ensamblaje a media madera en cruz. Travesaño armillado o a medias maderas (encuentro).**<sup>1996</sup>

Realmente es el sistema más sencillo de elaborar una cruz, y quizá el que dé una mayor fortaleza al ensamblaje.

<sup>1996</sup> Según Manuel de la Colina Botello, *Incidencia del soporte en la pintura y sus manipulaciones técnicas*, Tesis leída en la Facultad de BB. AA. De la Universidad Complutense de Madrid, 1988, lámina 9, nº 5.

Se trata de realizar una serie de cortes paralelos entre sí, con una profundidad de  $\frac{1}{2}$  del grosor del listón para, a continuación, vaciar el contenido de la escopladura por medio de un formón, un escoplo, etc. Los cortes paralelos pueden hacerse rápidamente con una sierra circular.

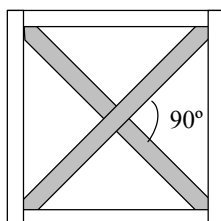


Realmente no importa cual de los listones monta sobre el otro, ya que la unión que se produce es igual de fuerte, aunque «es práctica convencional que el peinazo monte sobre las traviesas o barretas, aunque la junta es igualmente fuerte por ambos lados».<sup>1997</sup>

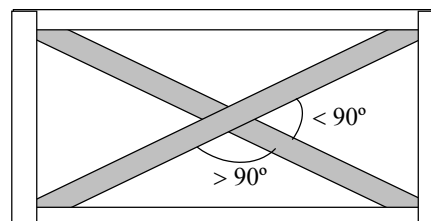
Este tipo de ensamblaje es poco común en ebanistería, reservándose su uso casi exclusivamente para la fabricación de las llamadas “puertas cristaleras”.<sup>1998</sup>

Dado que es un sistema muy sencillo de realizar, podemos utilizarlo con toda confianza para la elaboración de nuestros bastidores.

Existe una variante que es el **Ensamble a media madera oblicuo** o **ensamble oblicuo a**



Bastidor cuadrado.



Bastidor rectangular.

<sup>1997</sup> Albert Jackson et. al., op. cit., pág. 219.

<sup>1998</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 131.

**media madera.** Este tipo de ensamble se produce al utilizar refuerzos en forma de Cruz de San Andrés y siendo el bastidor de formato rectangular, dado que si fuera cuadrado, el ensamblaje se produciría en ángulo recto.

### **11.1.3 Refuerzos usuales en dichos soportes.**

Han sido utilizados profusamente a lo largo de los tiempos. Con los nuevos tableros de escaso grosor, se hace imprescindible su uso.

#### **11.1.3.1.1 Los travesaños o barrotes. Peinazos de plano.**

Bien es sabido desde antiguo que no siempre son suficientes los acoplamientos, realizados a nuestros soportes de madera, para asegurar correctamente la conservación de nuestra obra. De la observación detallada del comportamiento de la madera se dedujo prontamente que aplicando una serie de listones (más o menos toscamente labrados) y colocándolos a favor o a contraveta, según conviniese, se amortiguaban los efectos producidos en la madera por la humedad y la temperatura fundamentalmente.

Dichos listones podían tener dos disposiciones principales: que ocuparan posiciones superficiales respecto del soporte o que estuvieran encastrados en el mismo.

#### **- Barrotes superpuestos o simplemente aplicados.**

Pueden ser de naturaleza fija o móvil:

##### **o Barrotes superpuestos fijos o travesaños fijos.**

Evidentemente es el sistema más sencillo. Normalmente no iban encolados. Se unían al soporte por medio de clavos o grapas. «(...) Es un sistema de refuerzo muy antiguo. Quizás el más antiguo, empleado desde el siglo XII.»<sup>1999</sup> Actualmente podemos asegurarlos por medio de otros anclajes como los tornillos. El empleo de las grapas en la carpintería es una aportación Asiria y Persa.<sup>2000</sup>

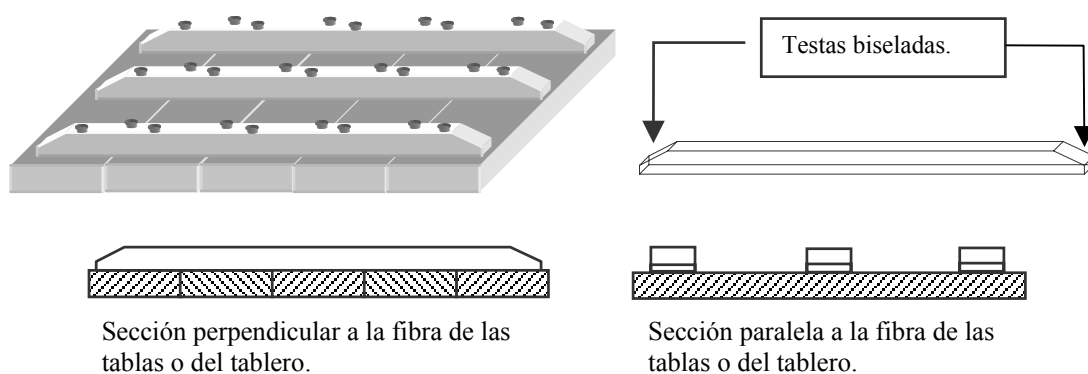
---

<sup>1999</sup> Prieto Prieto, op. cit., pág. 220.

<sup>2000</sup> J. Enrique Peraza, “La evolución de la tecnología en la carpintería”, *Aitim*, nº 206, julio-agosto, Aitim, Madrid, 2000, pág. 43.

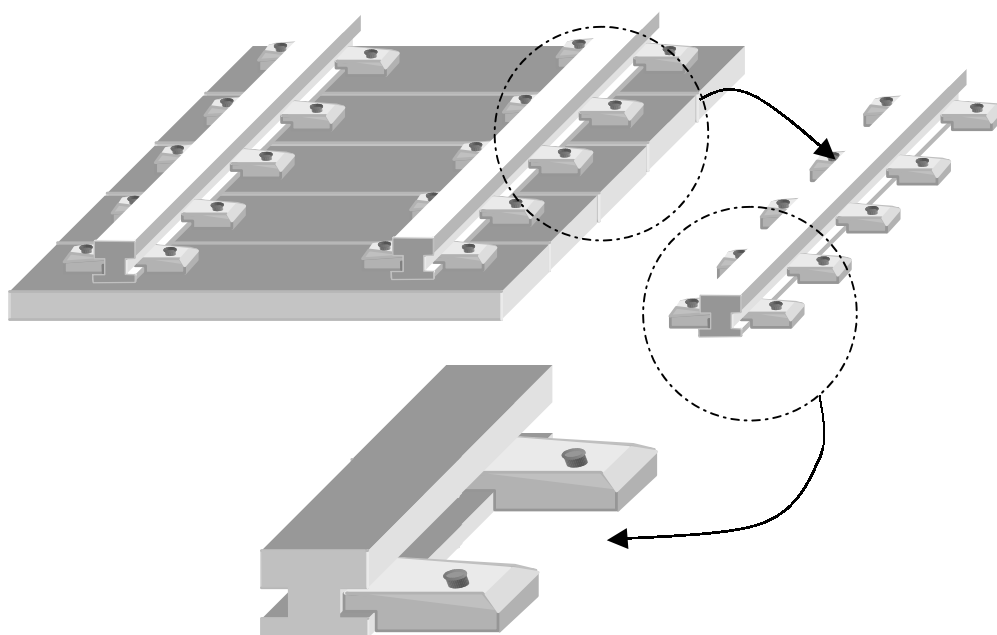
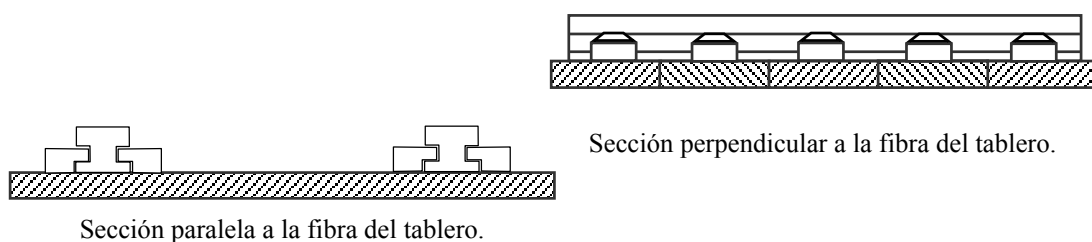


Los barrotes se superponen perpendicularmente a la dirección de la fibra de las tablas o tableros que componen la superficie.<sup>2001</sup>



### Barrotes superpuestos móviles.

También se les conoce por **Travesaños móviles**. **Travesaños corredizos**. **Travesaños deslizantes**. **Travesaños superpuestos móviles a contrahilo**.

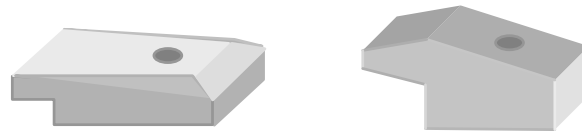
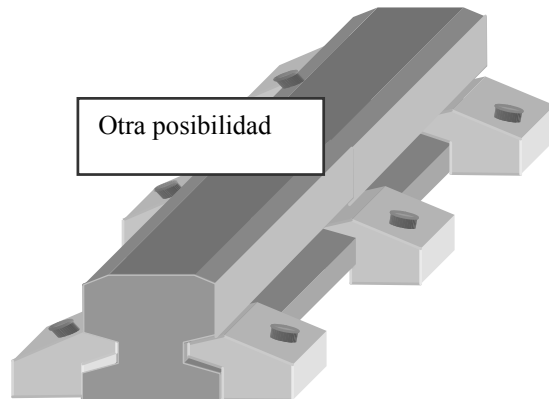


<sup>2001</sup> "España utilizará maderas de chopo, pino silvestre o pino marítimo para los travesaños de los soportes." (Prieto Prieto, op. cit., pág. 141.)

Suele ser común su uso en la restauración de soportes de madera antiguos y muy deteriorados a los que no se les puede realizar cajeados, ranuras, etc., porque debilitarían el soporte.

Los barrotes se sujetan al soporte por medio de unas pequeñas piezas de madera llamadas *llaves* o *pinzas*, que permanecen fijas al soporte, mientras que los barrotes corren

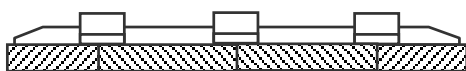
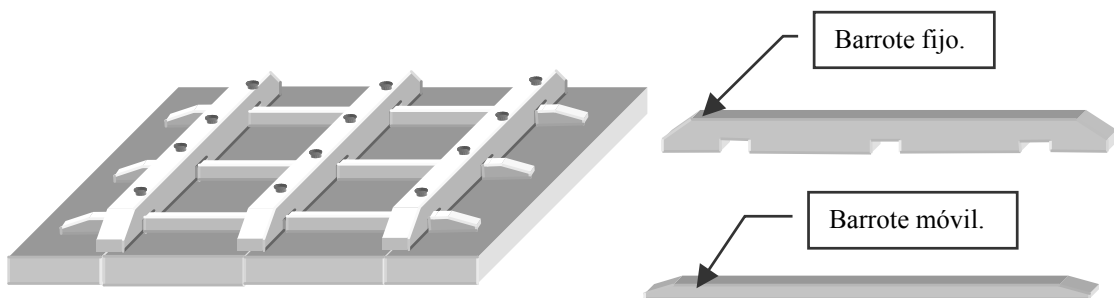
entre ellas por medios de unos canales practicados en dichos barrotes, a los que se denomina *canal de la corredera del travesaño*.<sup>2002</sup>



Pinzas o llaves.

#### ○ **Barrotes superpuestos fijos-móviles. Engatillado. Parquetage.**

Este sistema combina tanto travesaños fijos como móviles. Los travesaños fijos se sitúan a favor de veta, en tanto que los móviles lo hacen a contrahilo, siendo éstos últimos de madera más dura que los otros.



Sección perpendicular a la fibra del tablero.



Sección paralela a la fibra del tablero.

<sup>2002</sup> Colina Botello, op cit., lámina 9, nº 4.

## - Travesaños encastrados.

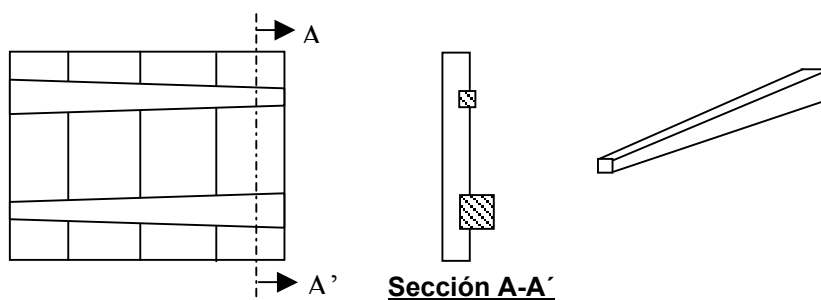
También se les conoce por **Travesaños móviles a contrahilo encastrados. Embarrotado encajado.**

En la trasera del panel se realiza un cajeado (1/3 del grosor del tablero) por el que va a discurrir el travesaño o barrote de refuerzo. Dicho cajeado se realiza a contraveta.

El travesaño no suele ir encolado ni clavado para facilitar el movimiento de las tablas y así no sentirse éstas encorsetadas por los listones. Suelen colocarse dos barrotes como mínimo.

Según Prieto «(...) son rectilíneos hasta el XVI, y conviven con otra ligera modificación: los travesaños encastrados en forma de huso.»<sup>2003</sup>

La forma de uso fue utilizada, con una ligera variante, para reforzar iconos realizados en una sola tabla. La forma de huso, o trapecio alargado, en el ancho del listón<sup>2004</sup> se combinaba con la forma de cola de milano en el grosor, para evitar la salida del listón de su gárgol. Esta forma recibe también el nombre de cuñas.<sup>2005</sup>

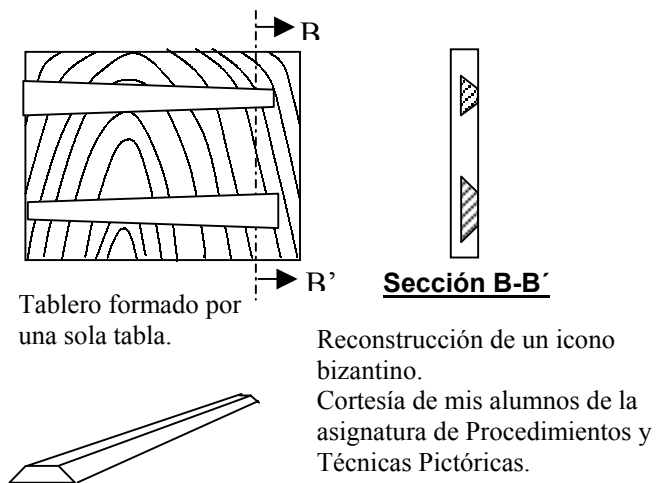


Tablero formado por varias tablas.

<sup>2003</sup> Prieto Prieto, op. cit., pág. 221.

<sup>2004</sup> Esta forma ayuda a la mejor penetración del listón en la ranura.

<sup>2005</sup> O peinazo en cola de milano.



Vistos los listones anteriores de perfiles rectilíneos, de sección prismática o, perfiles mixtos, de más complejo diseño (prismático-cola de milano), son asimismo más eficaces pues es más difícil que se separen del cajeadado efectuado al panel.

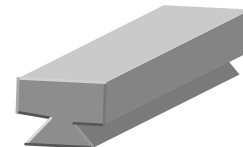
Suelen emplearse para reforzar paneles que constan de más de una tabla.



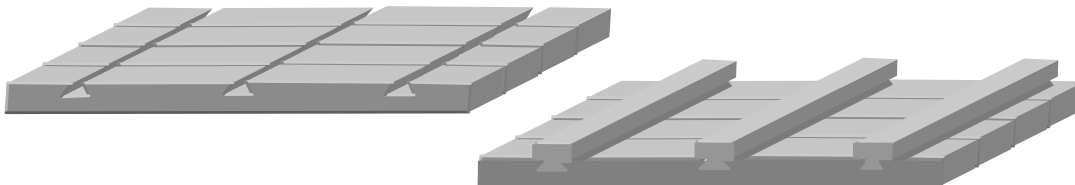
Sección paralela a la fibra del tablero.



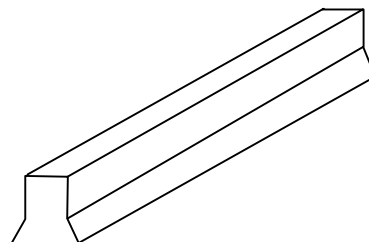
Sección perpendicular a la fibra del tablero.



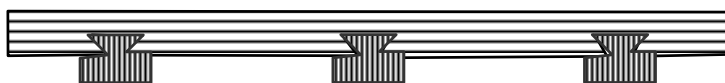
Perspectiva caballera de perfil con sección de cola de milano



Otra posibilidad:



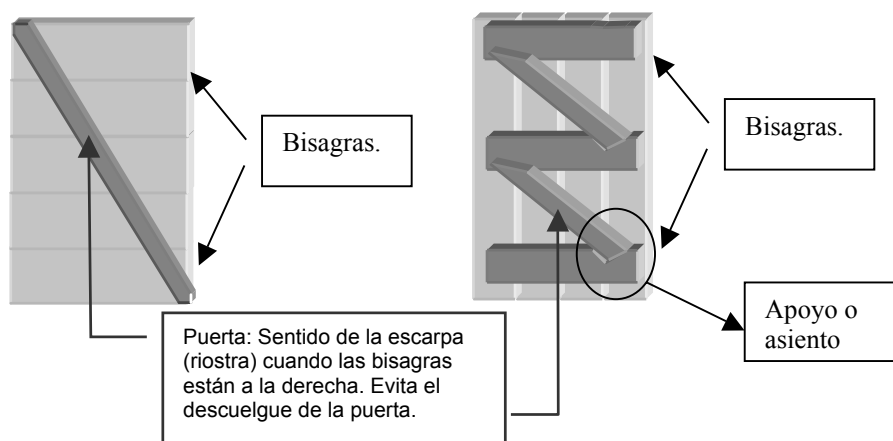
La disposición de la veta de los peinazos ha de ser lo más perpendicular posible a las fibras del soporte.



#### - Armadura en cruceta.

Otras denominaciones: **Travesaños y bandas cruzadas. Cruz de San Andrés, Arriostramientos, Tirantes.**

La inclusión de listones o peinazos por la trasera<sup>2006</sup> parecía, en algunos casos, no ser suficiente garantía contra las deformaciones estructurales, por lo cual se tuvo que optar por incorporar refuerzos similares a los usados en las puertas y ventanas construidas con tablas horizontales encoladas entre sí: estos fueron las riostras<sup>2007</sup> o tirantes.<sup>2008</sup>



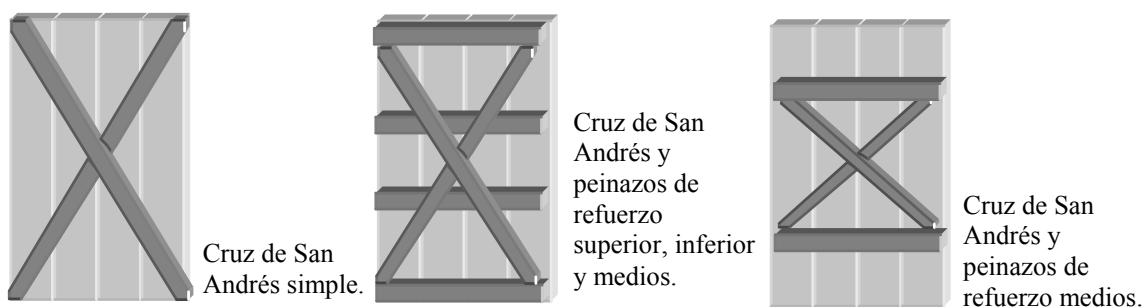
La combinación de estos dos tipos de refuerzos da lugar a estructuras de distinto aspecto. Prieto recoge varias de esas posibilidades,<sup>2009</sup> algunas de las cuales recogemos nosotros a continuación:

<sup>2006</sup> Véase punto correspondiente explicado con anterioridad.

<sup>2007</sup> Pieza colocada oblicuamente que asegura la indeformabilidad de una estructura.

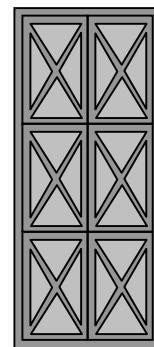
<sup>2008</sup> Pieza de hierro o madera, generalmente, que evita la separación de los pares de la estructura de un tejado.

<sup>2009</sup> Prieto Prieto, op. cit., págs. 359-360.

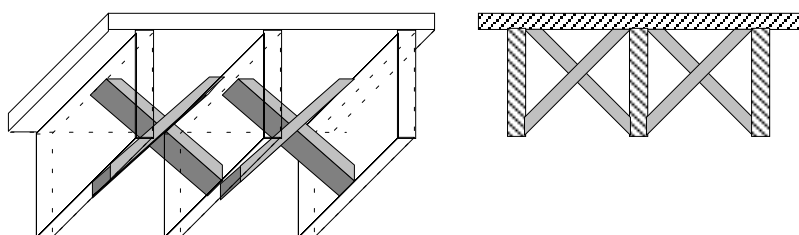


De la segunda posibilidad tenemos un ejemplo en Coppo di Marcovaldo, en su *Madonna in trono col Bambino*, en la Iglesia de Carmine en Florencia. Del Maestro de Torá tenemos otro ejemplo: *Tres Santos* (comienzos del s. XV).<sup>2010</sup>

Una de las puertas más antiguas que se conserva es de Pompeya y se encuentra reforzada por medio de bastidores y listones formando Cruz de San Andrés. El aspecto es parecido a este:



En construcción los arriostramientos sirven para rigidizar y distribuir las cargas. El ejemplo siguiente va referido a un arriostramiento realizado con el fin de reforzar la estructura de un suelo.



#### - Refuerzos por cabio o listones de testa.

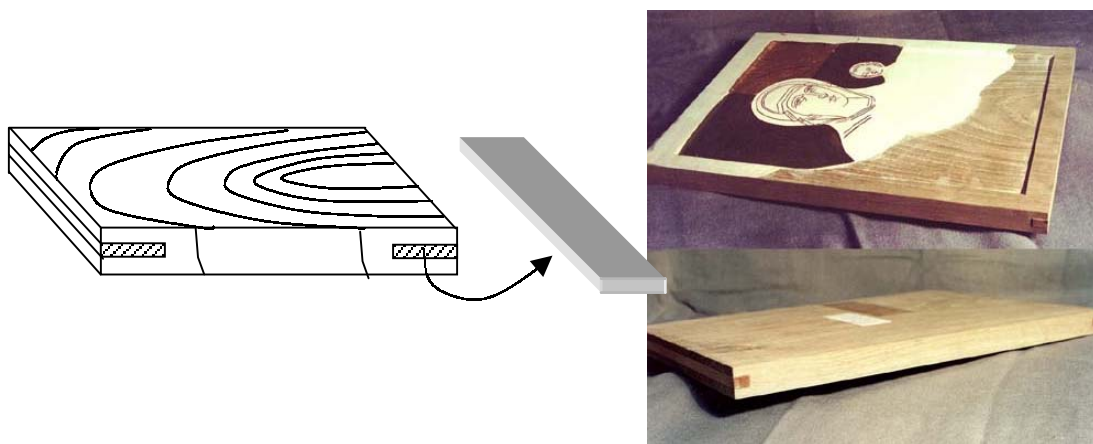
Otras denominaciones: **Refuerzos de listón por testa.**

##### o Listón de testa encolado.

<sup>2010</sup> Vid. Luca Uzielli, *Historical overview of panel-making techniques in Central Italy*, pág. 115 y Zahira Véliz, *Wooden panels and their preparation for painting from the middle ages to the seventeenth century in Spain*, pág. 140, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.

También es conocido por **Lengüeta o lambeta de testa**.

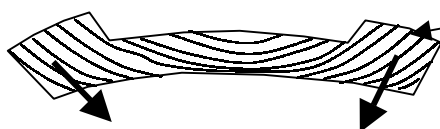
Otro listón encastrado usado para reforzar también iconos desde el siglo XVIII recibió el nombre de refuerzo de listón por testa. Dicho listón tiene una sección rectangular que no suele superar  $\frac{1}{2}$  del grosor del tablero al que refuerza, para no debilitarlo. Va encastrado en las testas y a contrahilo. A fin de cuentas se trata de una ranura realizada en un solo tablero a la que se incorpora una lambeta.



Reconstrucción de un icono bizantino.  
Cortesía de mis alumnos de la  
asignatura Procedimientos y Técnicas  
Pictóricas.



Ejemplo de una tabla de  
corte tangencial.



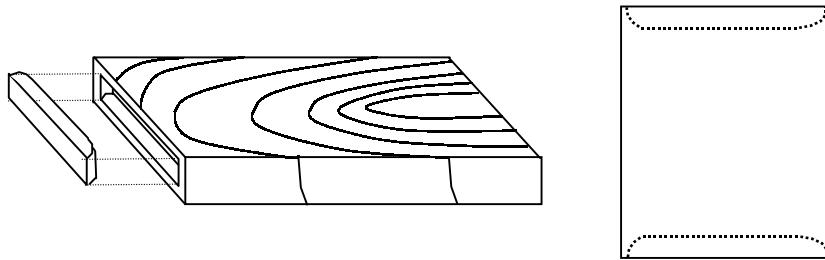
Efectos del “trabajo de la  
madera”.



Colocados en esta posición  
amortiguan los efectos del  
“trabajo de la madera”.

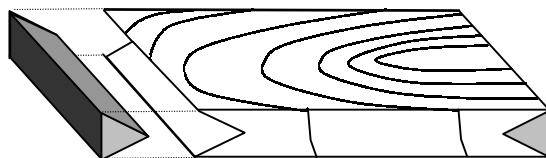
- **Listón de testa oculto.**

Variante del anterior, el listón queda parcialmente oculto. Es el equivalente a la lambeta oculta en el canto.



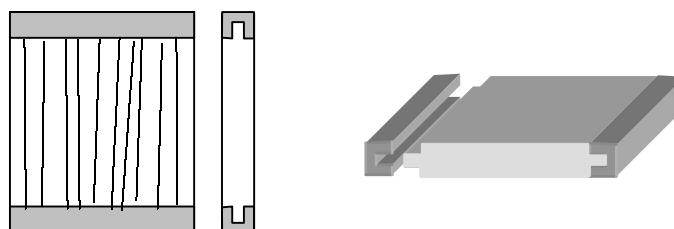
- **Listón en cuña.**

Variante del anterior en forma de cuña. Su función es la misma. Existe otra variante mucho más complicada de elaborar que requiere mucha destreza.



- **Listón de testa sencillo.**

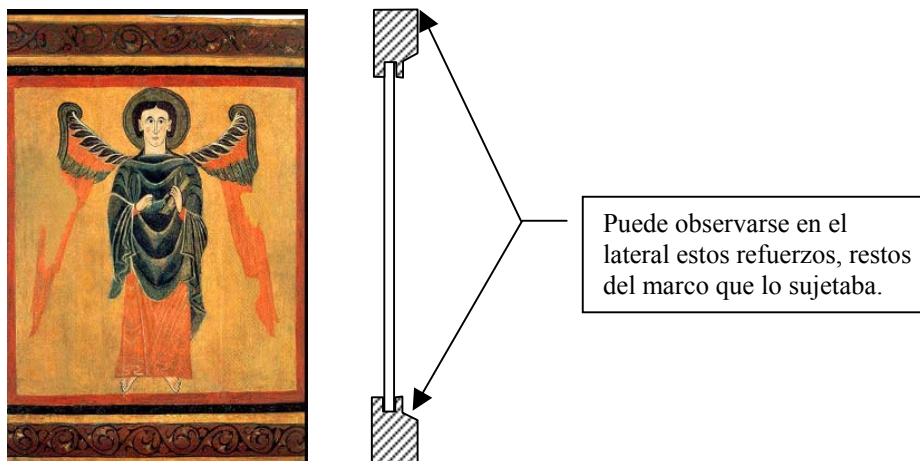
Quizá sea el preludio de los marcos de ranura, ya que el sistema es el mismo, aunque en aquellos la lengüeta y la ranura se realizan en los cuatro cantos del tablero.





Se aplica en las testas y funciona muy bien cuando se trata de reforzar (para evitar alabeos) tableros fabricados con varias tablas.

Un ejemplo lo tenemos en el “Angel de Mataplana” (1190-1210), aunque se trate de un frontal de altar. En el soporte no se ha practicado ninguna lengüeta pero se encuentra reforzado en las testas por anchos listones acanalados (restos del marco que lo alojaba en el altar).



Angel de Mataplana (1190-1210). 98 x 67 cm. Temple sobre tabla.

Hay sistemas similares pero más complicados que incorporan además cajas y espigas y van reforzados con cuñas.

#### 11.1.3.1.2 El bastidor como refuerzo de soportes rígidos.

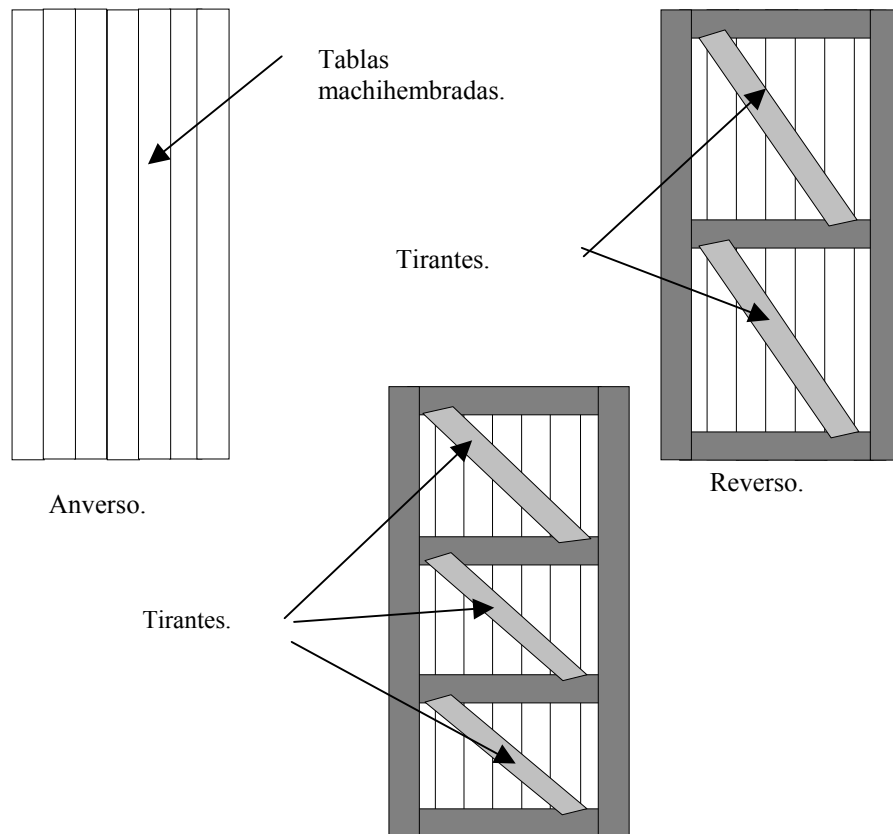
##### - Introducción histórica.

Reforzar con bastidores o armazones es una técnica antiquísima. Se tiene constancia de su uso desde la Edad Media:

(...) En los siglos X y XI los paramentos ya se empanelaban con un armazón y tablas grapadas en vertical. Hacia finales del siglo XIII (...) se desarrollaba el panelizado a base de bastidores enclavijados y plafón. También comienza el chapado con especies nobles (fresno, arce, etc.) Se mejoran los ensambles y las fijaciones a base de clavijas, grapas y lañas. Se empiezan a usar colas de origen animal.<sup>2011</sup>

<sup>2011</sup> J. Enrique Peraza, “La evolución de la tecnología en la carpintería”, *Aitim*, nº 206, julio-agosto, Aitim, Madrid, 2000, pág. 43.

Con el paso del tiempo los refuerzos van tomando otro aspecto, y uno de los que acaba predominando es el bastidor, aunque, en principio con varias riostras o tirantes de refuerzo.<sup>2012</sup>



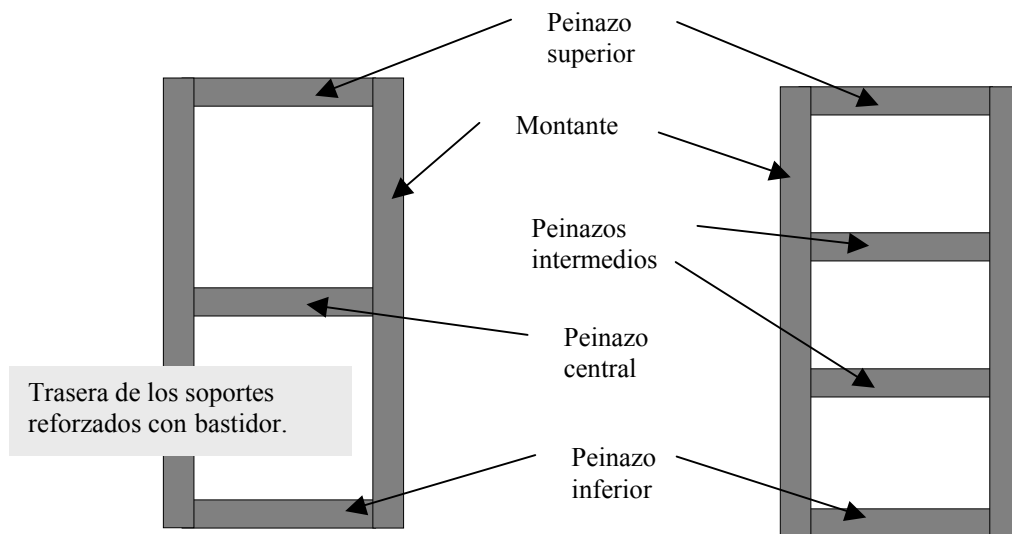
Actualmente, el refuerzo más universalmente aceptado en las BB.AA. es el del bastidor sin riostras, simplemente con sus montantes<sup>2013</sup> y peinazos<sup>2014</sup>, dado que lo que hay que reforzar son tableros, normalmente de escaso grosor.

El bastidor que nos ocupa, es el destinado a dar rigidez y evitar las deformaciones de los tableros derivados de la madera que vamos a usar como soporte pictórico.

<sup>2012</sup> Más o menos según se utilice en puertas o soportes, y según tamaño de los mismos.

<sup>2013</sup> Llamados así a los elementos verticales que forman parte del bastidor.

<sup>2014</sup> De *peine* (latín *pecten-ñis*). Suelen recibir distintos nombres según donde se ubiquen. Por ejemplo, en la construcción, en las puertas y ventanas reciben el nombre de *cabios*, ayudando a formar techos y suelos y marcos de ventanas y puertas, entre otras cosas.



Los bastidores que comúnmente usamos hoy sólo son un pálido reflejo de lo que fueron. Los magníficos ensamblajes<sup>2015</sup> utilizados antaño han quedado reducidos a encuentros a la media madera, simple unión, algún ensamble a caja y espiga y poco más.

Realizar los ensamblajes correctamente, lleva un tiempo y requiere conocimientos específicos que no siempre se tienen. Resultado: bastidores deficientes que no cumplen su cometido y que se limitan a ser meros listones encolados encima de un tablero y sujetos a lo sumo con un poco de adhesivo y cuatro grapas.

Hoy se tiene mucha prisa y no se atiende correctamente a los trabajos previos a la realización de las capas pictóricas. La preparación adecuada del soporte es fundamental en la correcta conservación de la obra y nos permitirá alcanzar o no eficazmente nuestras pretensiones. El soporte es el primer contacto que tenemos con nuestra futura obra y de él van a depender muchas cuestiones, tanto técnicas como artísticas.

Las primeras noticias que se tienen sobre bastidores datan del antiguo Egipto. Los egipcios, como se ha podido constatar por su legado, eran muy buenos ebanistas y el uso del bastidor y el panel fue descubrimiento suyo.

<sup>2015</sup> Ensamblar: *unir, juntar*, especialmente *ajustar piezas de madera*, tomado del francés ant. y med. *ENSEMBLER, juntar, reunir*, derivado de *ENSEMBLE, juntamente* (procedente éste del lat. *ĪNSĪMUL* id.) 1º doc.: 1570, C. de las Casas. (J. Corominas – J.A. Pascual, *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*).

También hay referencias de la puerta plafonada en las culturas etrusca, minoica y griega. Pero fundamentalmente el sistema. Bastidor + plafón tiene procedencia romana.<sup>2016</sup>

Con este sistema se pretendía solucionar, más un problema de tipo técnico que de tipo estético: evitar el *juego* de la madera:

Los antiguos egipcios poseían una técnica perfecta de ebanistería y sabían mucho acerca del trabajo de la madera. Es lógico que llegaron a la conclusión de realizar poderosos bastidores en los cuales se pudieran encajar paneles de madera más débiles. De este modo la madera podía trabajar sin combarse y continuar plana.<sup>2017</sup>

Este fue el germen. El sistema se mantuvo a través de culturas como la griega y romana y durante la Edad Media y, según Spannagel «(...) pasó al norte de Europa, hacia mediados del siglo XV, cuando en la evolución del mueble se propagó la construcción a base de montantes y paneles».<sup>2018</sup>

En España se impone la moda de las puertas con peinazos al final de la Edad Media y no ha dejado de fabricarse desde entonces. Obras de arte arquitectónicas como el Escorial junto a pinturas de Velázquez y Zurbarán mostrarán este tipo de sistema constructivo (puerta castellana) al mundo entero.

#### - **Elementos conformadores (integrantes) del bastidor.**

El bastidor se compone normalmente de una serie de elementos verticales y horizontales, salvo cuando él mismo se encuentra, a su vez, reforzado por elementos diagonales o adquiere formatos poco usuales (circulares, ovalados, triangulares, etc.) Aún en estos mismos formatos poco usuales suelen encontrarse estos elementos verticales y horizontales.

Esta serie de listones<sup>2019</sup> han recibido a lo largo de la historia diferentes denominaciones dependiendo de su ubicación dentro del bastidor.

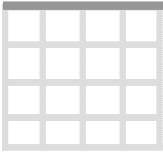
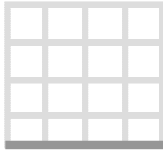
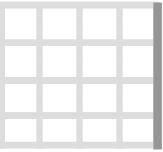
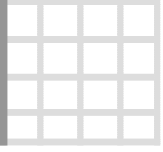
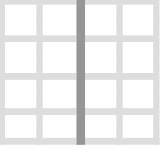
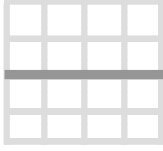
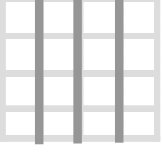
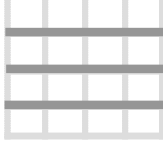
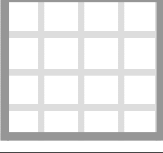
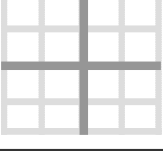
---

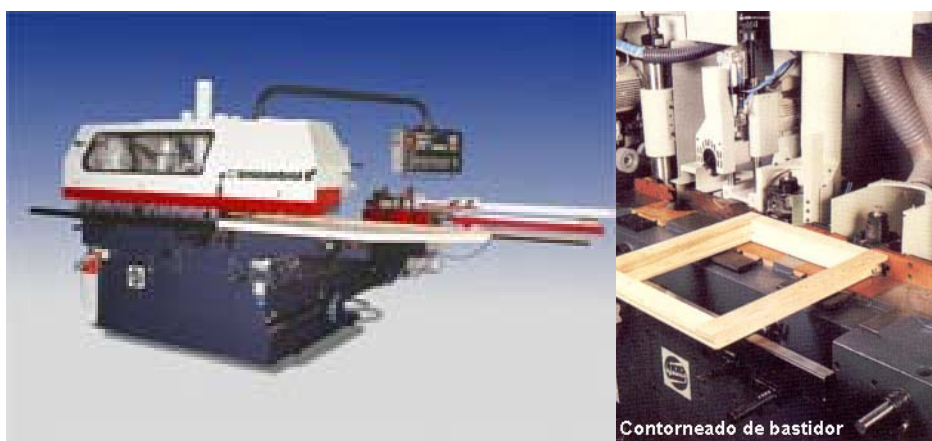
<sup>2016</sup> J. Enrique Peraza, "Evolución histórica de las puertas", *Aitim*, nº 208, nov-dic, 2000, Aitim, Madrid, pág. 39.

<sup>2017</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 113.

<sup>2018</sup> Idem., pág. 113.

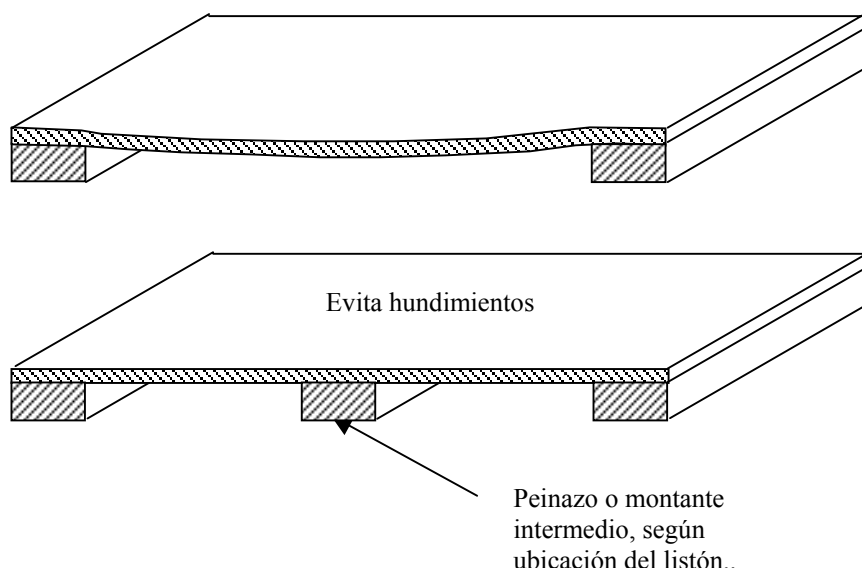
<sup>2019</sup> En España, según Prieto, los listones perimetrales que formaban los marcos solían ser de abeto, pino silvestre o de haya (Prieto Prieto, op. cit., pág. 141).

	Peinazo superior. Travesaño superior. Traviesa superior. Testero. Cabio superior. Listón de testa.
	Travesaño inferior. Peinazo inferior. Cabio inferior. Listón de testa.
	Montante derecho. Larguero derecho. Montante exterior derecho.
	Larguero izquierdo. Montante exterior izquierdo.
	Montante central. Partidor.
	Peinazo central.
	Montantes intermedios. Travesaños verticales intermedios.
	Travesaños intermedios horizontales. Peinazos intermedios. Traveseros.
	Listones perimetrales.
	Cruz. Cruceta central.



Unicontrol 6. Contorneado de bastidor.  
Cortesía de Michael Weinig AG.

Los peinaos<sup>2020</sup> y montantes intermedios<sup>2021</sup>, por medio de los ensamblajes medios, tienen la misión de evitar el hundimiento del/los paramentos<sup>2022</sup>, y mantener el paralelismo, impidiendo la aproximación o alejamiento, de los montantes, cuando éstos (los montantes) tienen gran longitud y escaso grosor, o se encuentren ligeramente curvados a la hora de utilizarlos. También, lógicamente, ayudan a evitar la deformación estructural.



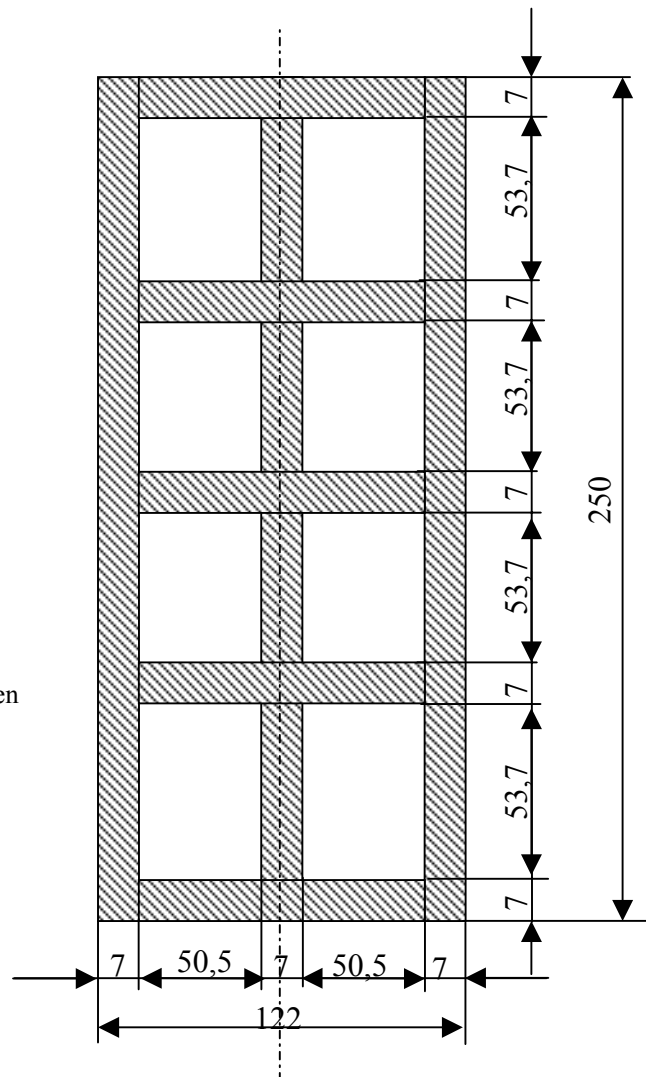
<sup>2020</sup> Suelen ir espigados.

<sup>2021</sup> Suelen ir cajeados, no siendo corriente, en los montantes en general el ir espigados (véase Prieto Prieto, op. cit., pág. 250).

<sup>2022</sup> Aquí entiéndase paramento como tablero receptor del aparejo, de la capa pictórica, etc. Se incluyen los términos “el/los” paramentos dado que el soporte podría estar formado por dos paramentos o tableros, paralelos entre sí, como los empleados para la fabricación, por ejemplo, de los tableros armados o de los tableros compuestos, sandwich, etc.

Típico bastidor industrial que aprovecha toda la dimensión del tablero.  
Distribuye sus montantes y peinazos de la siguiente manera:

Ejemplo práctico de la distribución de listones en la formación de un bastidor de refuerzo.



#### - Fijación del bastidor al panel o tablero.

Como podemos apreciar en todos los dibujos anteriores, los refuerzos se colocan superpuestos a los tableros a los que tienen que reforzar estructuralmente, pero a lo largo de la historia se han dado otras posibilidades: desde el fajeado, los marcos de ranura, etc., que se verán más adelante.

El sistema de fijación más habitual es



el encolado, aunque en épocas más tempranas solían fijarse con espigas, clavos, grapas, lañas, etc.

Al hablar de los rigidizadores veremos como al encolar un tablero por la parte trasera de nuestro soporte (bastidor + tablero), éste se refuerza notablemente. Quiere decir que el bastidor refuerza al tablero y el tablero, añadido a una estructura, ésta adquiere una rigidez considerable, de ahí el profuso empleo de estos tableros (contrachapados) en la construcción.



Lucio Muñoz.  
La ventana, 1963.  
Mixta sobre tabla.

En Lucio Muñoz adquiere especial protagonismo al formar parte activa de la capa pictórica. Ya no actúa como mero refuerzo. Esto no ocurre así siempre. Muchas veces, el bastidor, es un objeto más añadido al tablero soporte, sin otra función que la puramente estética.

#### - Rigidizadores o refuerzos para el bastidor.

Con el término rigidizador (Stiffener) nos referimos a todos aquellos elementos de madera, o derivados de ella (en nuestro caso)<sup>2023</sup> que sirven para obtener una estructura más rígida dado que su función es la de reforzar todos los ensamblajes posibles.

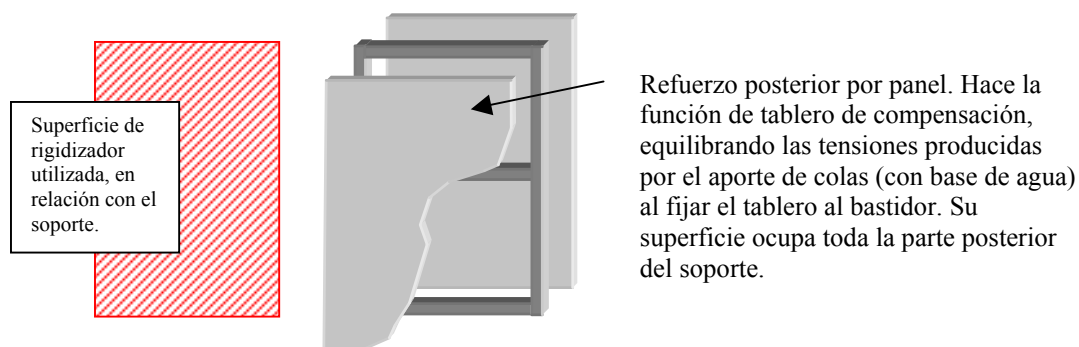
Normalmente estos elementos añadidos suelen ser visibles por la trasera del soporte, aunque otras veces pueden quedar ocultos por la incorporación de paneles posteriores, que a su vez realizan la misma función de refuerzo. Un ejemplo de este tipo lo tenemos en la fabricación de los tableros<sup>2024</sup> armados.

---

<sup>2023</sup> Aquí sólo nos referimos a aquellos realizados con madera natural o tableros o materiales derivados de ella.

<sup>2024</sup> Concebidos inicialmente para la fabricación de puertas ligeras pero de gran rigidez.

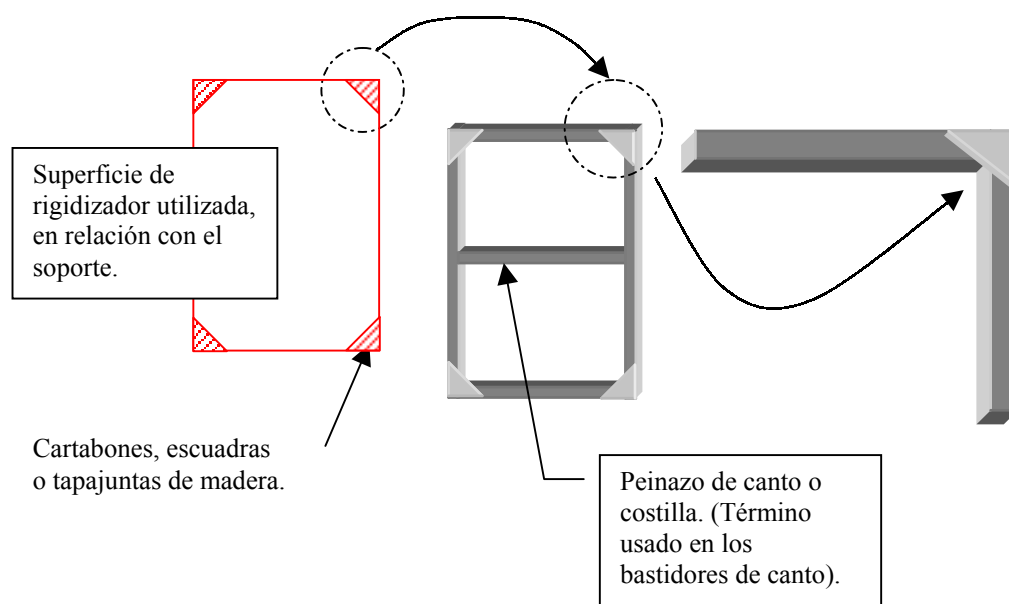




Como resultado final obtenemos un soporte simétrico en su construcción: Tablero-bastidor-tablero.

Recordemos la fabricación de los tableros armados y tengamos en cuenta los orificios de ventilación, el encolado, prensado, etc.

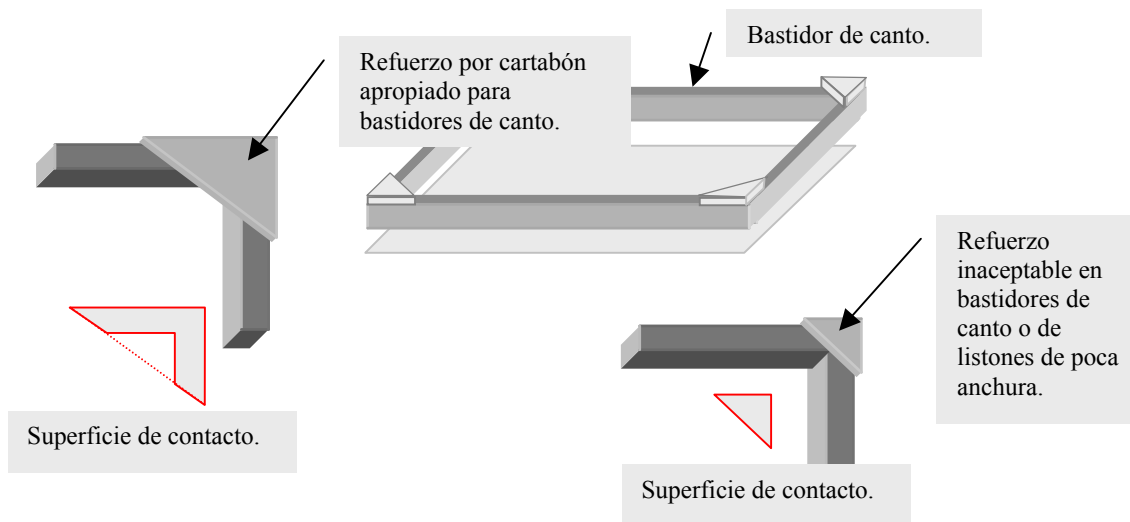
Los siguientes rigidizadores se obtienen partiendo de un tablero, como en el anterior, pero economizando material. Queremos decir que no vamos a utilizar todo el tablero como en el caso anterior, sino sólo parte de él: sólo se utiliza una pequeñísima parte del panel para reforzar el bastidor, pero este adquiere una gran rigidez en sus ensamblajes de ángulo<sup>2025</sup>.



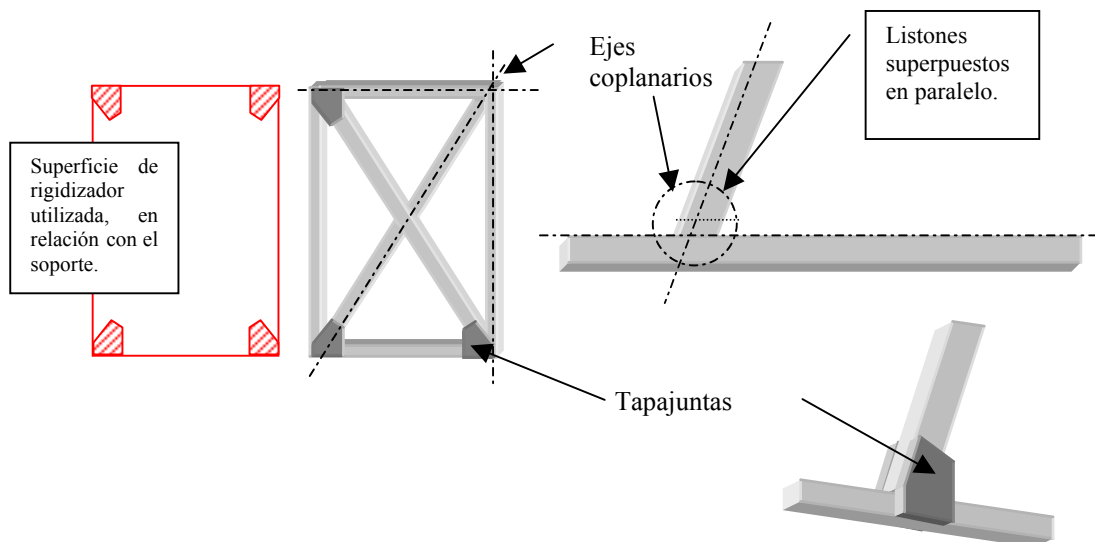
Otra posibilidad, cuando se trata de reforzar bastidores de canto, es la utilización de cartabones de mayor tamaño. La diferencia con el refuerzo

<sup>2025</sup> Frecuentemente usado para reforzar marcos.

anterior estriba en que este tiene una mayor superficie de contacto. Si pusiéramos el cartabón del caso anterior, la superficie de contacto con el bastidor sería muy pequeña y el refuerzo sería insuficiente. Este sistema entraña un riesgo ya que favorece la acumulación de polvo en el espacio comprendido por él, los listones y el tablero. Esto mismo va a ocurrir con otros rigidizadores que vamos a ver más adelante.



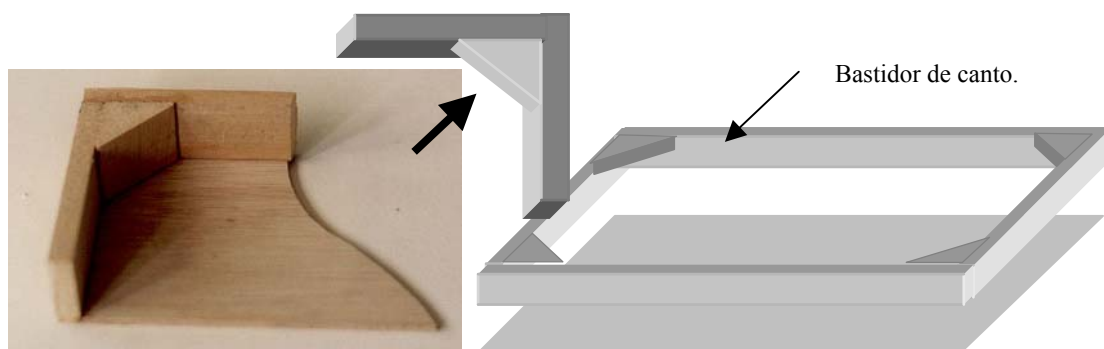
Existen otros muchos tipos de tapajuntas que ayudan a reforzar los ensamblajes de ángulo, todo va a depender de la ubicación de los mismos y de los distintos tipos de nudos (de ejes coplanarios<sup>2026</sup>) que se formen.



<sup>2026</sup> Coplanarios indica que todos los ejes de los listones que concurren en ese nudo (ensamblaje) se encuentran situados sobre el mismo plano. Si esto no fuera así se formarían nudos de tipo tridimensional como algunos de los que se aprecian en las armaduras de las cubiertas de antiguos edificios construidos, en parte o en su totalidad, con madera. A pesar de que estos tapajuntas solían utilizarse en esas armaduras, son perfectamente adaptables, observando la escala apropiada, para reforzar los ensamblajes de ángulo de los bastidores.

Si los cartabones tienen mayor grosor y ocupan la posición representada en la figura siguiente, reciben el nombre de *tajo de refuerzo*.<sup>2027</sup> Este tipo de rigidizador da muy buen resultado al reforzar bastidores gruesos o cuyo canto esté en contacto con el tablero (bastidor de canto).

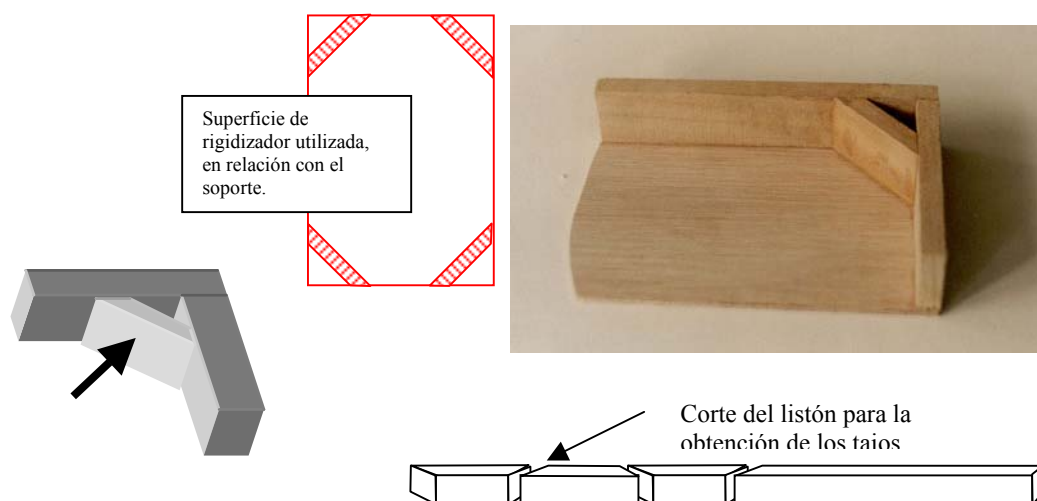
Este tipo de rigidizador es bastante común en una serie de soportes artísticos (que se ven de un tiempo a esta parte) de bajo precio y calidad, contruidos en su totalidad con M.D.F. (tablero, listones y tajos de refuerzo).



Cartabón o tajo de refuerzo.

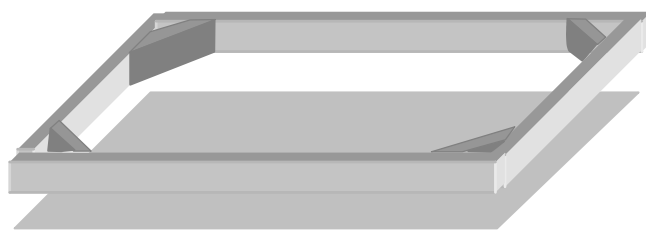
Antiguamente eran bastante comunes en la construcción de bastidores para mobiliario.

Otra variante del mismo se obtiene cortando unos ingletes de un pequeño listón. Es un rigidizador sencillo y eficaz<sup>2028</sup>.

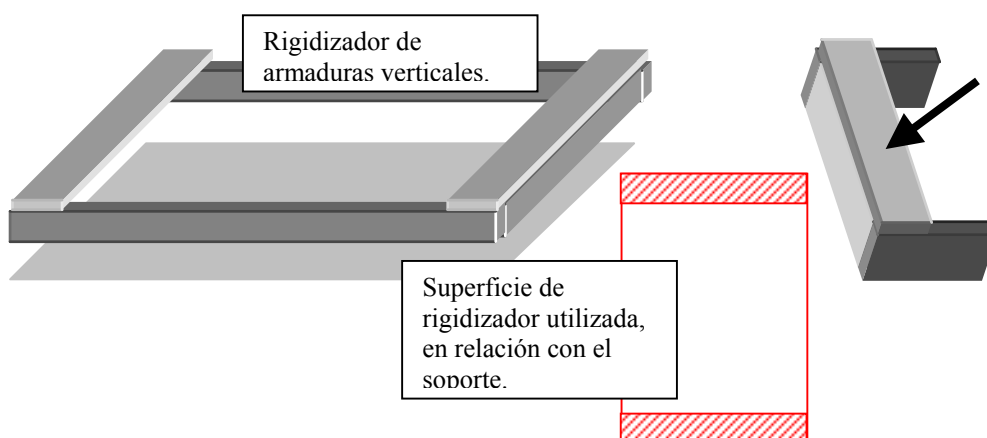


<sup>2027</sup> Véase Albert Jackson & David Day, op. cit., pág. 56.

<sup>2028</sup> Véase Albert Jackson et. al., op. cit., pág. 64.



Otros tipos de rigidizadores usados para reforzar estructuras de muebles y que podrían ocupar un lugar en nuestro estudio son los realizados con listones o con tableros de un grosor suficiente que, en un momento



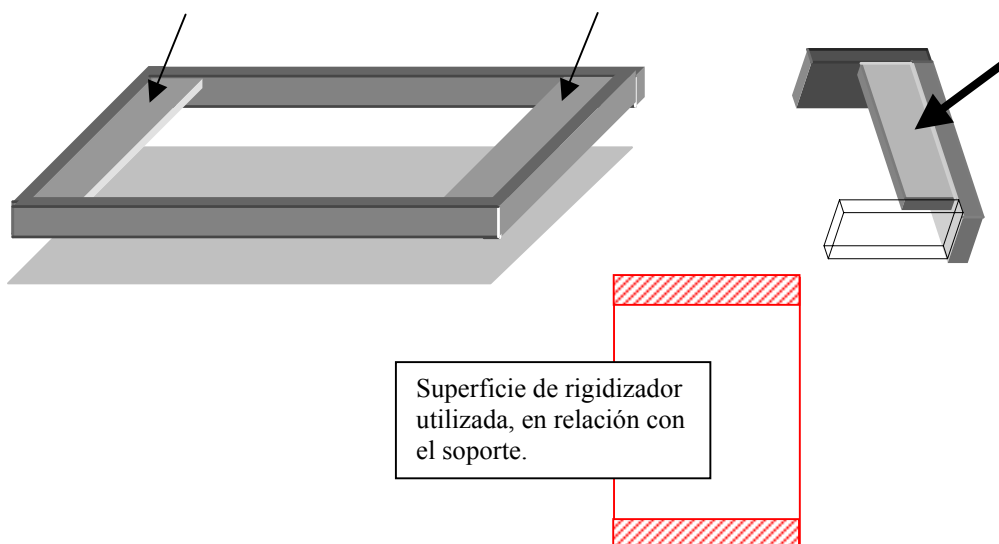
dado, puedan admitir clavijas, tornillos, etc. Nos referimos a los que denominados<sup>2029</sup>, por un lado *peto* o *traviesas*, y por otro, *armaduras verticales*<sup>2030</sup>.

Esta disposición de los listones evita la deformación del soporte, impidiendo que la estructura adquiriera forma de rombo o romboide. Algo parecido a lo que ocurre con otros refuerzos como la Cruz de San Andrés y los que hemos visto anteriormente.

El caso del *peto* o las *traviesas* es más común en el mobiliario. Su disposición es similar al anterior pero, en este caso, las zonas del refuerzo que entran en contacto con el bastidor no son las caras, sino los cantos.

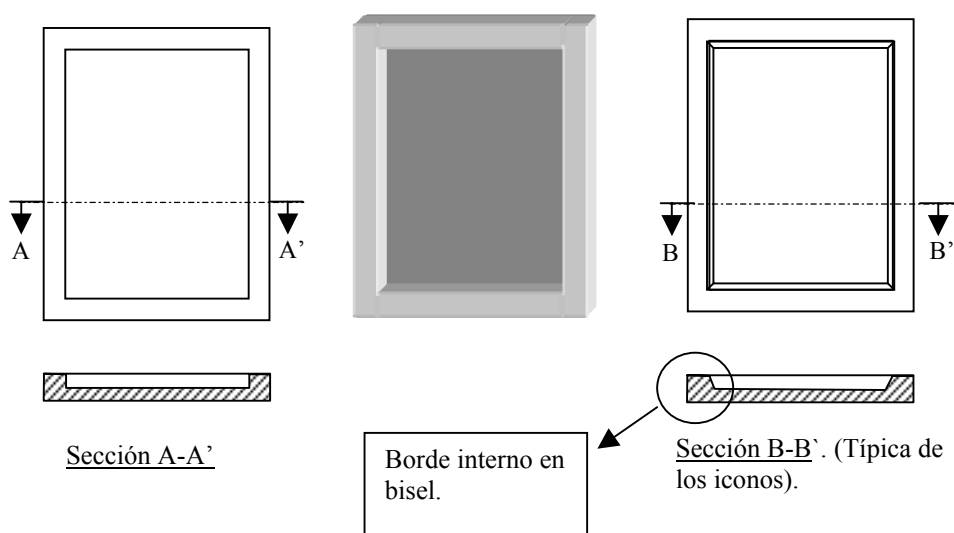
<sup>2029</sup> En este caso por Jackson, op. cit., pág. 41.

<sup>2030</sup> Verticales, por ser utilizados, como dijimos, en la construcción de muebles, y dado que en éstos suelen ocupar la posición vertical, mantendremos esa misma denominación.



#### 11.1.3.1.3 Los marcos.

##### - El marco tallado o borde.



No abundaba porque al tener que ser tallado de una pieza maciza de madera, aumentaba la dificultad técnica, además de encarecer excesivamente el soporte y aumentar considerablemente su peso. Su uso, en la actualidad, está totalmente fuera de lugar por la dificultad que supone encontrar buenas (o incluso malas) maderas macizas de gran tamaño.<sup>2031</sup>

<sup>2031</sup> Todos estos sistemas de refuerzo pueden estudiarse en la colección de Iconos de la Casa Grande de Torrejón de Ardoz en Madrid y del Museo Iconográfico Sant Jordi de Ordino, en el Principado de Andorra.



Escuela de París, 2ª mitad del siglo XIV. *Juan II el Bueno, rey de Francia*, hacia 1360. 0,598 x 0,446. Museo del Louvre.

Los iconógrafos actuales utilizan maderas contrachapadas de unos 5 mm de grosor.



Reconstrucción de un icono bizantino. Cortesía de mis alumnos de la asignatura de Procedimientos y Técnicas Pictóricas.

La profundidad del marco oscila, en los iconos, normalmente entre 2 y 5 mm, aunque, a veces, pueden darse bordes de incluso 10 mm.<sup>2032</sup>

Se trata de uno de los refuerzos más antiguos y originales (siglos XIV y XV).<sup>2033</sup>

Su concepto es del todo ingenioso, pero cuando en la elección de las tablas se optaba por el corte tangencial (más económico, fácil y rápido) favorecía la deformación de los paneles. Esto que comentamos puede contemplarse en paneles que forman parte de numerosos iconos.

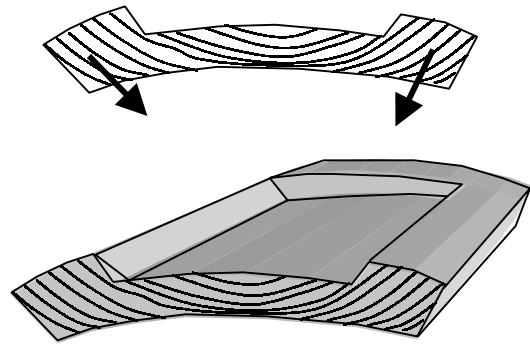
El efecto producido por esa deformación es el siguiente.<sup>2034</sup>

<sup>2032</sup> Es de difícil detección, este borde, en los iconos griegos, pero fue de uso obligado en los rusos desde los siglos XII al XIII.

<sup>2033</sup> Prieto Prieto, op. cit., pág. 229.

<sup>2034</sup> Las maderas más usadas procedían de frondosas, sobre todo las usadas en los iconos, dado que las coníferas no favorecían el encolado de las telas sobre las tablas. Las preferidas por los países mediterráneos fueron la encina, el ciprés (conífera) y el plátano. En los países nórdicos, el abeto. En Gran Bretaña el roble y en Rusia y zona de los Balcanes, la encina (también) feno, haya, abedul, etc. Sin olvidar que lo más corriente era utilizar materiales de la región o próximos a ella, pero de buena calidad: homogéneas y libres de defectos.

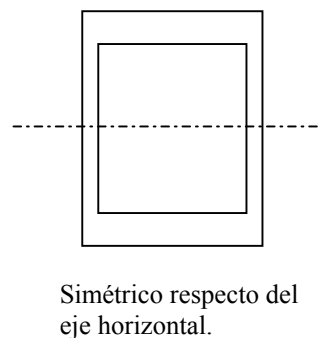
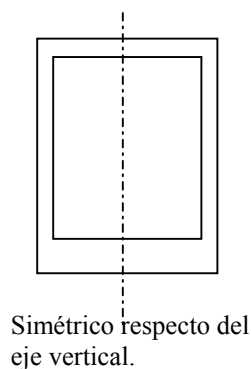
La contracción se produce como indican las flechas porque en esa zona (a veces incluye albura) el contenido de agua es siempre mayor que en las zonas próximas a la médula. Al existir más agua, la contracción es mucho más violenta.  
Esto se podía evitar escogiendo tablas de corte radial o utilizando los refuerzos que vimos anteriormente.



El alzado de estos marcos podía ser simétrico respecto del eje horizontal y del vertical (cosa que suele ocurrir con dípticos, trípticos, etc.



O puede ser simétrico respecto de uno sólo de ellos, cosa que ocurre con algunos iconos:





Marco tallado

Paul Gauguin.  
 “Soyez amoureuses et vous serez  
 heureuses”, 1889.  
 Talla en madera pintada.

#### - Marcos de cuadro.

También se les conoce por: **Marco de ranuras. Marco de encaje de ranuras. Engargolado y ranura. Bastidor ranurado. Bastidor acanalado o en canalado. Panelizado a base de bastidor enclavijado y plafón.**

Los marcos de ranura son quizá la última tentativa (el *Tablero Refort* comienza su andadura en 1950) en la ebanistería y en la fabricación de soportes pictóricos rígidos, por descubrir un soporte no flexible pero ligero (o no demasiado pesado), antes de la llegada de los tableros derivados de la madera en el siglo XIX y su comercialización a principios del XX.

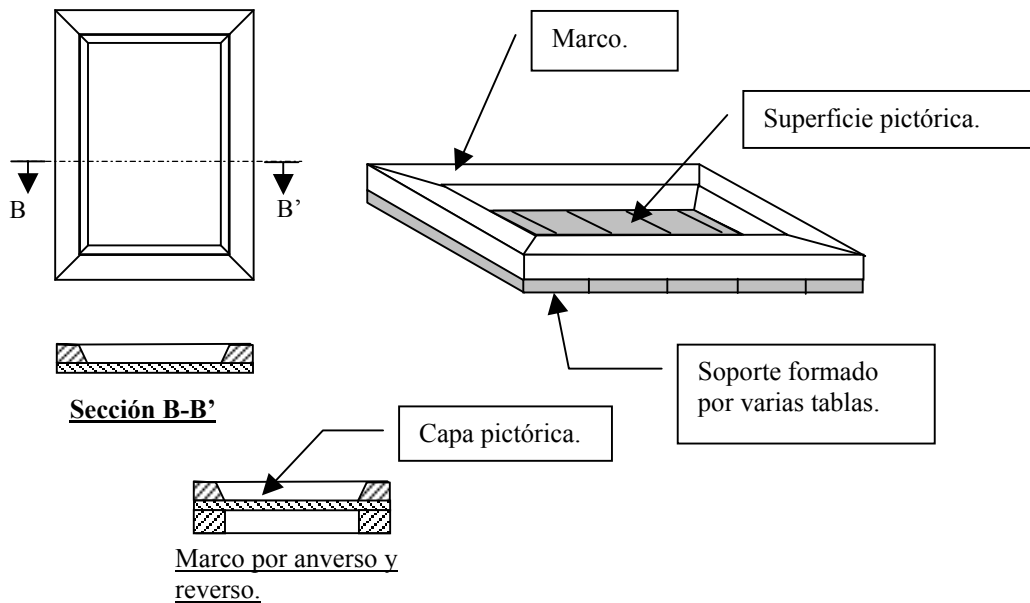
Quizá sea el más lógico sistema de mantenimiento de paneles, pues éstos permanecen sueltos en sus refuerzos aliviando, de esta manera, las tensiones que se pudieran ocasionar por los movimientos higroscópicos.

Su antecedente más inmediato lo tenemos en lo que Prieto denomina *marco por anverso y reverso* y que cumplía una doble función (la primera de orden estético y la segunda de tipo estructural):

(...) Constituido por dos montantes y dos travesaños, aplicado a la cara del panel y fijo por clavos, introducidos por la cara vista, parece sin duda la forma más primitiva de marco. (...) Usado desde el siglo XII al XV. (...) Papel más estético que útil. (...) A veces los montantes se ponían también por el reverso, quedando sólidamente mantenido por ellos. Significan el



preludio de los marcos de ranura que son los que realizan un verdadero mantenimiento del panel [función estructural].<sup>2035</sup>



Tenemos un ejemplo en otro frontal de altar de la 2ª mitad del siglo XIII.



Frontal de Sant Climent de Taüll. 2ª mitad del siglo XIII. 93 x 169 cm. Temple y relieves de estuco sobre tabla.

Se deja de lado la pesada construcción de gruesos paneles con gruesos refuerzos para dejar paso a la ligereza estructural que proporciona el marco de ranura.

Con la llegada de los tableros derivados de la madera, el marco permanece pero los finos paneles de madera maciza van cediendo terreno a aquellos.

Actualmente el sistema ha quedado relegado a la fabricación de puertas, muebles, paramentos, etc. En el terreno artístico, el sistema preferido hoy, nos hace remontar al siglo XV, con el empleo, casi exclusivo,

<sup>2035</sup> Prieto Prieto, op. cit., págs.225 y 226.

de los bastidores, pero con alguna variante en los ensamblajes en ángulo del bastidor y sustituyendo los paneles macizos, por ligeros contrachapados encolados con resinas fenólicas.

El sistema de marcos de ranura es un concepto ingenioso, pues permite que el tablero no sufra alabeos ya que puede *trabajar* libremente sin quedar encorsetado por los marcos. Estos mismos marcos (bastidores ranurados) son los encargados



Jean Fouquet  
*Carlos VII, rey de Francia.*  
Hacia 1445 (?)  
Tabla 0,857 x 0,706  
Museo del Louvre.



Max Ernst.  
Fruto de una larga experiencia, 1919.  
Relieve de madera pintado.

de la parte estructural, liberando al tablero de las tensiones que podrían acarrear alabeos. Algo semejante sucede con la aparición de las *maderas mejoradas* cuyo objetivo es domesticar esos violentos movimientos que acababan transmitiéndose a las capas pictóricas.

Las ranuras deben tener una cierta holgura para permitir los movimientos del panel. Si esto no fuera así se producirían importantes deformaciones al no poder dar salida a sus movimientos naturales.

Se establece una profundidad de ranura en función de la escuadría del bastidor y éste este guarda proporción con el tablero:

Como medida normal en tableros macizos o chapeados, se toma una profundidad de ranura de 15 mm. Con tableros contraplacados bastan de 10 a 12 mm. La anchura de las ranuras suele ser 1/3 del espesor del bastidor.

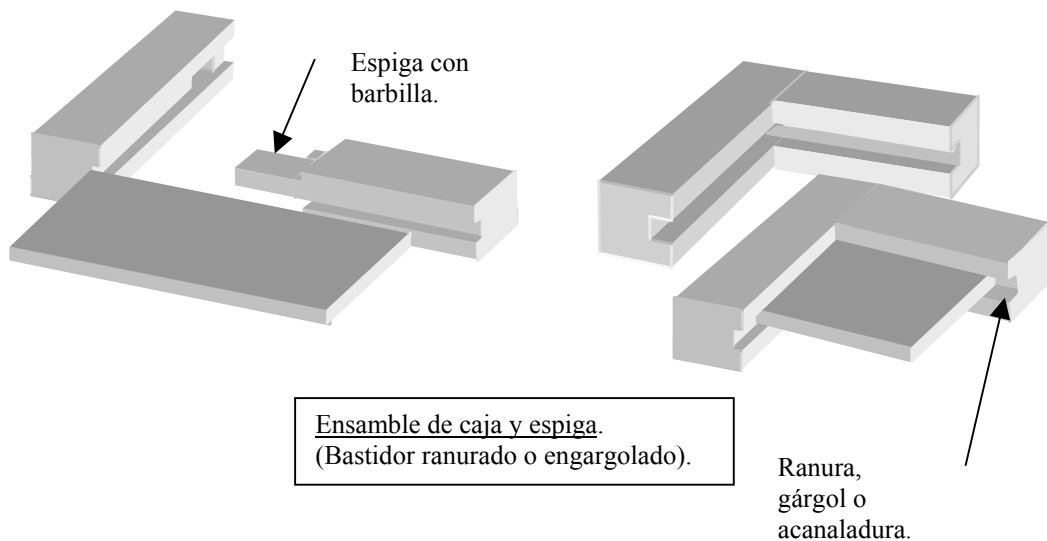
Escuadrías y espesores de bastidores y paneles deben hallarse siempre en proporción correcta. No es admisible el bastidor muy delgado porque no opone resistencia suficiente contra el alabeo del tablero.

(...) Es importante lograr una perfecta correspondencia entre groesos de los elementos que hay que encajar, unir o

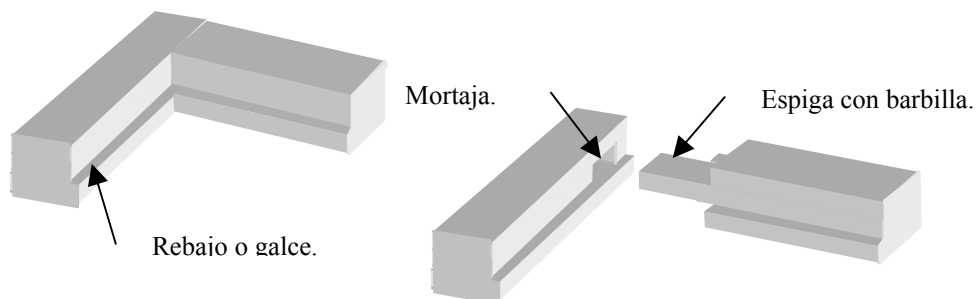
ensamblar, tanto por economía de tiempo como por principios racionales.<sup>2036</sup>

El tamaño del panel no debe ser muy grande pues se podrían producir hundimientos en las zonas centrales. Para eso se utilizaban los travesaños o peinazos auxiliares: para reducir el tamaño de los paneles o entrepaños.

Los ensamblajes de ángulo más utilizados en los marcos de ranura son los ensambles de caja y espiga<sup>2037</sup> (para un bastidor ranurado) y de espiga y mortaja (para uno con rebajo). También puede darse el inglete, aunque es probable que el ensamblaje no sea tan fuerte dado que dichas uniones no suelen ir encoladas.



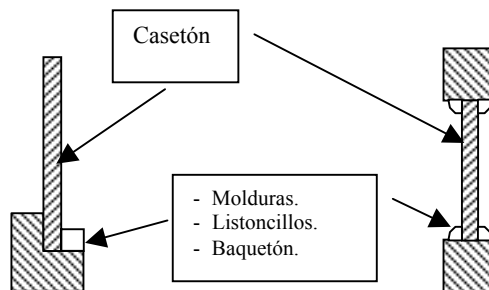
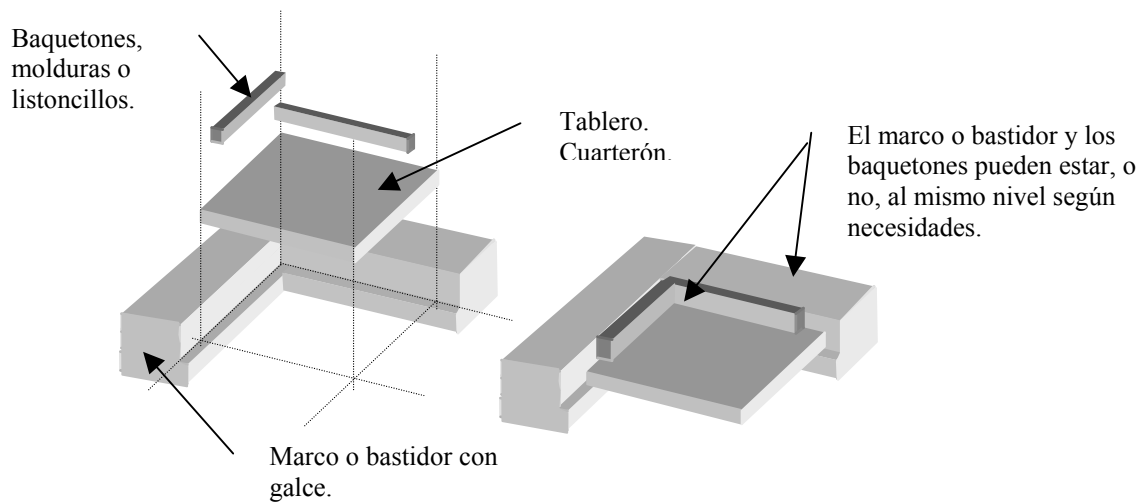
Otra posibilidad es efectuar un rebajo o galce en el listón, sobre el que descansará el tablero o cuarterón.



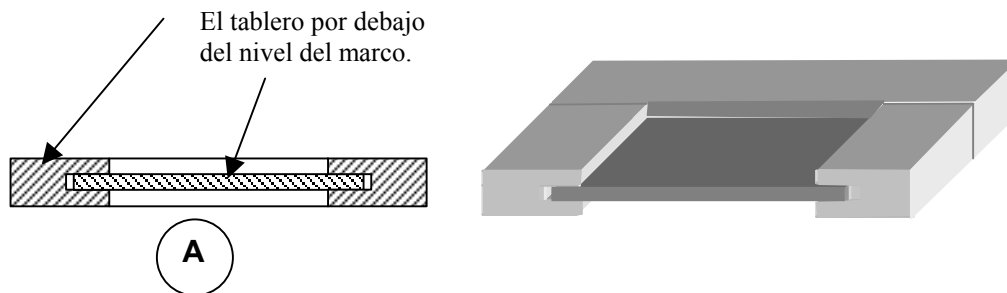
Ensamble de espiga y mortaja (Bastidor con rebajo o galce).

<sup>2036</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág.120-121.

<sup>2037</sup> La espiga utilizada aquí lleva barbilla por estar ubicado el ensamble en un ángulo.

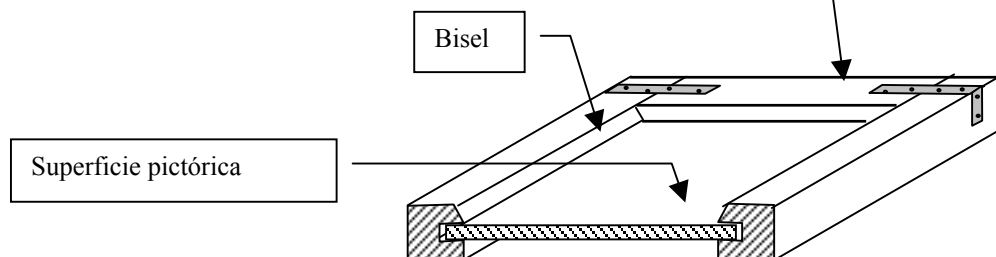


Puede observarse en algunos paneles de cierta antigüedad un cierto rebajo (Fig. B, C, D y E) o, a veces, un fajeado (Fig. F y G), debido a que los paneles de los que se disponía eran de un grosor considerable. Por esta razón se debía proceder a desbastar los cantos para que pudieran encajar en las ranuras de sus marcos. Actualmente esto no es problema pues disponemos de tableros contrachapados de diferentes grosores.

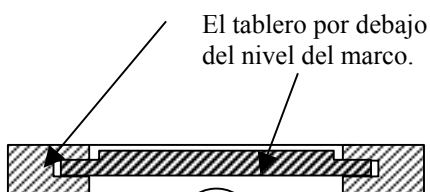




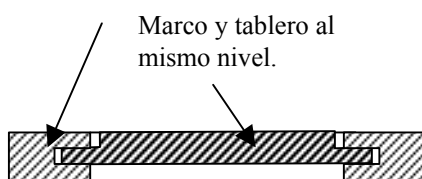
Frontal de altar de San Martí de Ix. (Siglo XII).  
92 x 157 cm. Temple sobre tabla



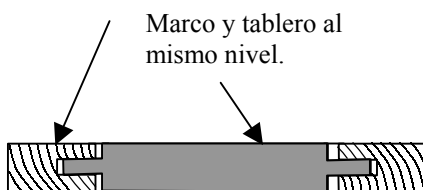
Existen distintas posibilidades en cuanto a los marcos y los tableros que refuerzan:



**B**



**C**



**D**



Se deja holgura por la disposición de la veta

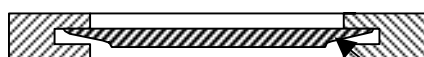


(E)

No se deja holgura porque el veteado está dispuesto en sentido longitudinal.

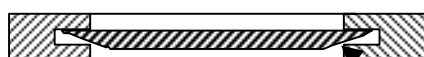


Torres García.  
Formas con máscara blanca. París,  
1931.  
Madera policromada.



(F)

Fajeado.



(G)

Fajeado.



Otra posibilidad sería un doble fajeado que produciría una sección simétrica, pero esta posibilidad sólo es usada para la construcción de cuarterones<sup>2038</sup> en contraventanas, puertas, etc.

<sup>2038</sup> Del francés *quarteron*. Cada uno de los cuadros que hay entre los peinazos de las puertas y ventanas.

Los marcos son sistema muy utilizados en carpintería por lo fácil que resulta retirar el panel si resultara dañado. Por esta misma razón resulta un marco-bastidor idóneo para nuestros soportes si hubiera que separar en el futuro el panel del marco.

Los ensamblajes perimetrales en ángulo, de estos marcos, pueden ir cortados a inglete y sin encolar, pero siempre irán aparejados junto con el tablero soporte.



Mimmo Paladino.  
Tango, 1983.  
Óleo sobre tela con marco  
pintado y ensamblaje.

#### 11.1.4 Herrajes utilizados en la consolidación de los paneles y bastidores.

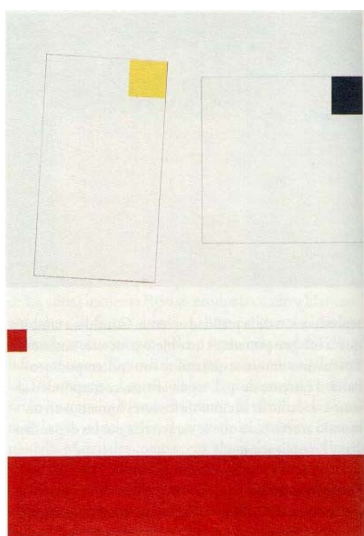
Incorporamos este punto mas que nada a escala testimonial, ya no pretendemos ahondar en este punto sino indicar algunos de los sistemas de anclaje utilizados para inmovilizar piezas de madera. Estas piezas de naturaleza metálica se utilizan, sobre todo, en arquitectura e ingeniería pero llevándolos a una escala inferior (como hemos hecho con otros materiales no habituales de las BB. AA.), pueden ser aptos para nuestros soportes.



#### 11.1.4.1 Herrajes tradicionales.

Utilizados fundamentalmente para la fijación de los travesaños al panel o tablero.

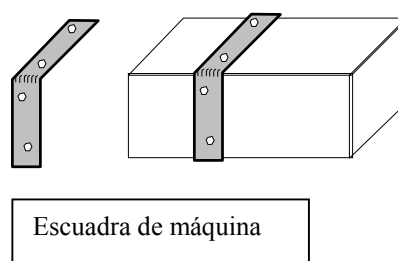
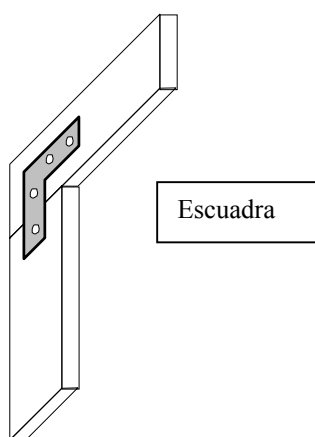
Dependiendo del tipo de travesaño o listón se optó por un sistema o por otro: desde tallar cajas a lo largo del panel que condujeran a los listones hasta la utilización de todo tipo de herrajes (clavos, grapas, tornillos, etc.) y otros elementos de madera (clavijas, por ejemplo) para acoplar travesaños, listones, bastidores, etc. a las tablas o los paneles y asegurar así su fijación.



Imi Knoebel.  
Sin título, 1987.  
Acrílico sobre paneles de  
madera atornillados.

Otro punto determinante en la utilización o no de estos herrajes era el aspecto económico. En ciertas épocas se optó por reforzar los ensambles con piezas de madera (se hacían sobre todo ensambles de cola de milano o con llaves de madera, cuñas y pasadores de madera) ya que los herrajes tenían un elevado precio. Esto parece ser ocurría en tiempos de Felipe II.

Estos dos herrajes que mostramos a continuación han estado presentes desde muchos siglos atrás, véanse los frontales de altar, por ejemplo.





#### 11.1.4.2 Herrajes contemporáneos.

Los hay de diversos tipos. Los más comunes son: Los conectores, llaves de acoplamiento, fijadores para madera, (timber connectors) y las juntas de conexión (clamping plate), fijadores para madera, Placas de anclaje (anchor plates) Placas de unión.

Puede consultarse la norma:

UNE-EN 912:2000. *Conectores para madera. Especificaciones de los conectores de madera.*

Actualmente suelen utilizarse otro tipo de herrajes que cumplen más satisfactoriamente con esa misión. Desde clavos inoxidable, tornillos de todo tipo, placas o pletinas, hasta los más modernos conectores existentes en el mercado. Este es el punto que nos interesa desarrollar más dada la importancia que tienen en la actualidad.

Es posible usar estos conectores en nuestros soportes aunque ello supone, como ya hemos comentado, llevarlos a escalas bastante inferiores, ya que los ensamblajes y acoplamientos usados por nosotros son de tamaños inferiores y resultarían desproporcionados.

Este tipo de herrajes surge para solucionar problemas de tipo técnico:

(...) Los defectos verdaderamente fundamentales que presenta la madera en sus aplicaciones son: la higroscopicidad, que produce el movimiento o juego de la madera, a la vez que una disminución de su resistencia mecánica, las fendas de desecación, que son consecuencia de una desigual merma en las distintas zonas, y los nudos, que, aparte de su defecto estético, también llevan consigo una pérdida de resistencia.

(...) ¿Cómo se ha logrado corregir estos defectos? (...) Se ha logrado, con las manufacturas encoladas y las ensambladuras con conectores, evitar los citados defectos de la madera (...)

Se tenía que encontrar solución a este problema encontrando un medio o aparejo que repartiese las cargas en toda la sección de las piezas de trabajo (...) Se logró con el sencillo artificio de los conectores. (...) Estos conectores consisten, en general, en anillos lisos o con dientes, placas o parrillas metálicas y discos de acero o de madera que se ajustan, embutiéndose en la madera, entre las caras en contacto de las piezas que se quieren ensamblar.<sup>2039</sup>

---

<sup>2039</sup> Nájera y Angulo, *La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944., pág. 73-76.

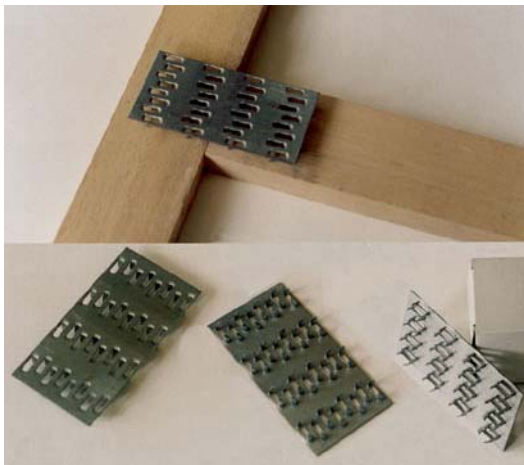
Estos sistemas sirven, pues, para distribuir las tensiones producidas por los pernos y tornillos en los ensambles, haciéndolo de una manera sencilla y económica: « Los conectores ligeros son un producto económico y que no requieren preparación como ensambles o taladros.»<sup>2040</sup>

Este sencillo artificio de los conectores, estudiado por los ingenieros alemanes durante la pasada guerra europea y recogido posteriormente por el Laboratorio de Productos Forestales de Madison.<sup>2041</sup>

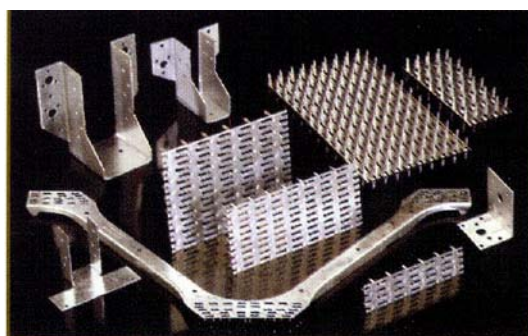
Estas piezas de unión comenzaron siendo de maderas duras, de encina, por ejemplo, como el del alemán Kübler, llegando a desarrollarse gran cantidad de sistemas como el de tipo parrilla, Bulldog, alligator, de anillo, etc.<sup>2042</sup>

Otros, en cambio, refuerzan considerablemente piezas en mal estado: «Los conectores de tipo parrilla, como el del ingeniero sueco Gösta Smitt, sujetan de tal modo las fibras de la madera que permiten ensamblar piezas con defectos y rajadas.»<sup>2043</sup>

Otros materiales se usan para su fabricación como son el hierro, el acero, el plástico etc. Pero empresas como Maderas Medina, S.A., utilizan los conectores de su gama (de todos los calibres) en acero galvanizado en caliente.



Colocación de una placa de conexión en un ensamblaje medio, para un bastidor ordinario.



Conectores.  
Cortesía de Maderas Medina.

<sup>2040</sup> “Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993., pág. 172.

<sup>2041</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 66.

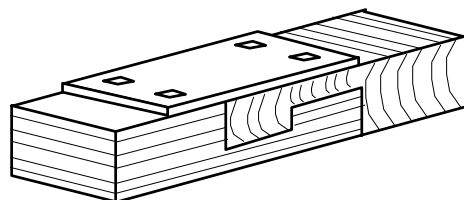
<sup>2042</sup> Para más información vid. *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971, pág. 339-341.

<sup>2043</sup> Antonio Camacho Altaya, op. cit., pág. 66.

Sobre todo se utilizan en superposiciones de tablones o listones y ahí suelen llevar pernos para que puedan apretarse posteriormente.

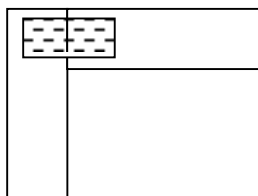
Los hay en forma de dispositivos en forma circular (anillos lisos o con dientes), lañas, grapas, placas o parrillas metálicas, discos de acero o de madera etc. que se utilizan para fijar elementos estructurales. Estos artilugios van colocados sobre unos orificios o canalillos, previamente practicados en la madera; luego, se acoplan y por último se mantienen en su posición mediante clavijas, pernos, pasadores, etc.<sup>2044</sup>

Otros sistemas más sencillos tienen forma de placas taladradas y de placas dentadas: se trata de placas metálicas que afianzan íntimamente dos piezas de madera. También se les denominan cubrejuntas en algunas ocasiones.



Estas piezas son de pequeña dimensión, de aspecto plano. A las que están taladradas se les hace pasar una serie de varillas. «Para sujetar estas placas, se utilizan adhesivos en su revés y se presionan contra la superficie de apoyo, de tal manera que dicho adhesivo rebose por los bordes de la placa y de los agujeros, si los tuviera; de esta forma, podrá soportar el peso que va a las varillas. »<sup>2045</sup>

Las placas de unión más habituales vienen provistas de púas metálicas, confeccionadas con la misma placa, que facilitan su colocación: Se coloca la placa transversal a la junta y las púas se clavan o se meten con presión en la madera.



Algunos tamaños habituales son los



Placa conectora.  
Cortesía de Maderas Medina, S.A.

<sup>2044</sup> R.E. Putnam et. al., op. cit.

<sup>2045</sup> Idem.

siguientes: 25 x 125 mm a 175 x 350 mm.

Una de las empresas más importantes dedicadas a la fabricación de madera laminada es **Paul Gauthier, S.A.** Si se desea tener más información al respecto puede consultarse su catálogo de conectores “Aginco”.



Conectores.  
Cortesía de Maderas Medina.



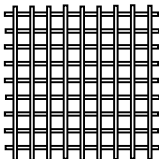
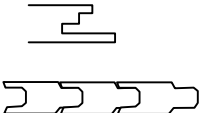

Conectores.  
Cortesía de Maderas Medina

Otra empresa española muy importante también en el sector de la construcción de madera, **Maderas Medina**, comercializa sus propios conectores. Esta empresa fabrica sus vigas y cerchas utilizando estos conectores dentados por medio de una prensa de 15,40 m de longitud y 3,85 m de ancho con una capacidad de prensado de 30 ton. Dicha empresa utiliza, para el montaje de las vigas y cerchas que suministran, unos estribos metálicos (hangers) con monturas frontales y superior, que, además, son regulables en inclinación. Para dar solución a los problemas que se pudieran dar en un montaje, disponen de placas planas, escuadras, pies de pilar, soportes en “T” y rollos de pletina perforados y galvanizados.

Para la fijación de estos elementos emplean una amplia gama de clavos especiales galvanizados con formas estriadas o salomónicas en varios largos y groesos.

### 11.1.5 Cuadro histórico de algunos acoplamientos, ensamblajes y empalmes tradicionales y más contemporáneos.

Acoplamientos/ Ensamblajes	SIGLOS									NOTAS (Incluye algunas áreas de influencia donde se han dado casos o ejemplos.)
	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	
Juntas vivas o encoladas al tope										Sistema más antiguo de unión de planchas. En España, Francia, Italia y Alemania.
Juntas encoladas y enclavijadas										Es un avance sobre el anterior. En toda Europa.
Juntas encoladas con llaves a cola de milano										
Ensamblaje a espiga continua										Modalidad del anterior y más antigua. En Italia.
Ensamblaje de ranura y lengüeta machi- hembrado)										Muy frecuente.
Ensamblaje de falsa espiga o lambeta.										Raro en la Edad Media.
Juntas a media madera.										En España.
Travesaños superpuestos.										Sistema más antiguo de refuerzo.
Travesaños encastrados rectilíneos.										
Travesaños encastrados en forma de uso.										
Travesaños y bandas cruzadas.										En España.
Marco tallado (en iconos rusos)										
Travesaños de hierro.										
Bastidores.										En el siglo XIX, los italianos lo emplearon en restauraciones. En España.
Marcos.										
Marcos de ranura.										Ideado por los egipcios en el mobiliario. En Italia y España.
Marco tallado										Difícil técnicamente. Suele ser una sola plancha. Difícil de ver en los iconos griegos Francia.
Ensamblajes de ángulo: caja y espiga.										Cataluña.
Ensamblajes medios a cola de milano.										Parece ser el modo más antiguo conocido.

Acoplamientos/ Ensamblajes	SIGLOS									NOTAS (Incluye algunas áreas de influencia donde se han dado casos o ejemplos.)
	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	
<b>Fijación de travesaños y panel: espigas.</b>										En España, Portugal y Alemania.
<b>Fijación de travesaños y panel: clavos de hierro.</b>										
<b>Finger-joint.</b>										En todo el mundo.
<b>Tablero Refort</b> 										Con él se pueden empalmar infinitos tableros por el sistema que utiliza. Se puede continuar el tablero en todas direcciones con sólo incorporar listones Refort a cada lado.
<b>Tacos planos.</b>										
										Unos de los machihembrados utilizados en contrachapados, MDF, aglomerados... como sistema tradicional en tableros novedosos.
<b>Corte triangular radial (Paneles Wisa-Wood)</b> 										

#### Leyenda



Se tiene constancia del mismo durante ese siglo.



Se tiene constancia del mismo desde ese siglo y en adelante



Se tienen indicios del mismo durante ese siglo.

## **11.2 Estereotomía de derivados de la madera. Propuesta personal y mejora de los soportes basados en materiales tradicionales y nuevos materiales lignocelulósicos.**

### **11.2.1 Listones y formación de bastidores u otros refuerzos.**

Resulta innecesario decir que todos los tratamientos empleados en mejorar las propiedades de la madera tienen cabida en este punto aunque no se hable aquí expresamente de los mismos. Hacer eso haría interminable el discurso. Es obvio, que uniendo mejoras, habitualmente, se mejora el resultado; así pues, pueden hacerse las combinaciones de mejoras que se crean necesarias. Podría usarse la madera baquelizada, laminada, contrachapada, etc. en solitario o en combinación.

Pueden, asimismo utilizarse todos los nuevos materiales derivados de la madera adecuando sus características y estética particular a nuestras necesidades.

Podemos también evidenciar la estructura del soporte: bastidores refuerzos, etc. y aprovechar su potencial estético si fuera necesario. En la arquitectura se ha utilizado este recurso bastante a menudo: contrafuertes, arbotantes, etc. en el románico y gótico, por ejemplo, arriostramientos de las Torres Kio, puentes, etc.

Existe también la posibilidad también de utilizar la estructura perimetral como marco.

#### **11.2.1.1 Listones compuestos.**<sup>2046</sup>

Utilizamos los paneles sándwich para hacer bastidores, usándolos como listones. Los comentamos en primer lugar por ser la espuma un elemento sintético que sólo vamos a utilizar en la construcción de listones ya que la industria oferta tableros compuestos por caras de panel y alma de espuma.

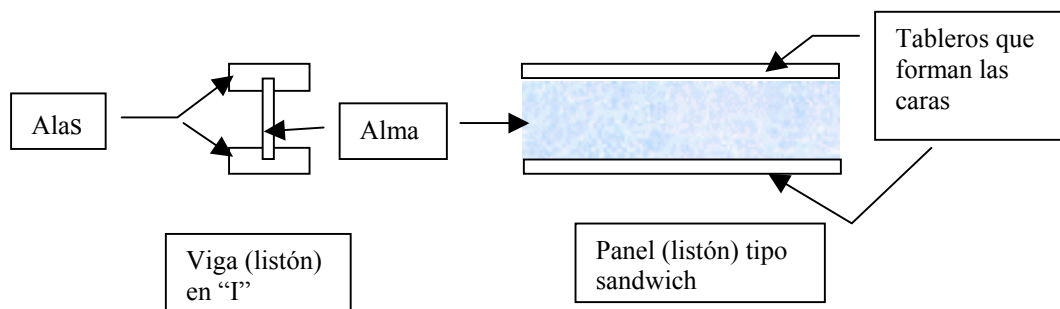
---

<sup>2046</sup> Para más información vid. Francisco Arriaga Martitegui, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994, págs. 550 y SS.

Se producen uniones de tipo machihembrado si encolamos dos tableros a una lámina de espuma rígida.

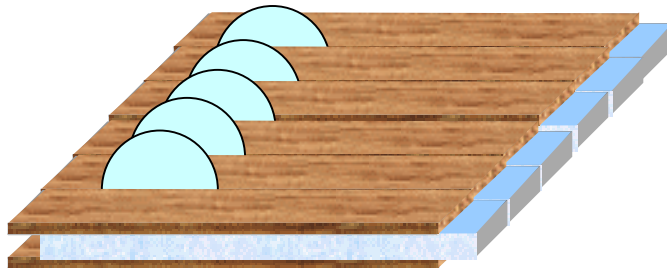


Este sistema es comparable a las vigas en “doble T” o en “I”, en ellas los tableros exteriores vendrían a ser como las alas de la viga (del listón en este caso) y el núcleo del sándwich el alma de la viga (del listón en este caso también).



El proceso de fabricación es muy sencillo:

Consiste en encolar, como decíamos, dos tableros a un alma de espuma rígida y posteriormente cortar el

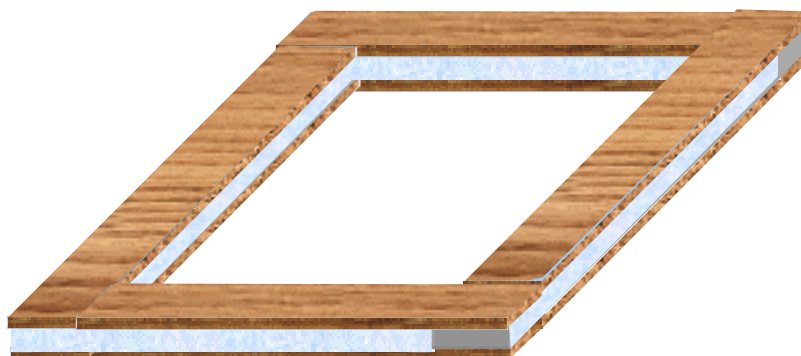


conjunto de tal manera que en cada corte se produzca un listón con un ancho predeterminado.

Con este sistema generamos un bastidor para formatos que no requieran de peinazos ni largueros. Si quisiéramos realizar formatos mayores, que sí los necesitaran, su realización se complicaría un poco. Cuando hablemos del listón tipo cajón podremos ver una de las soluciones posibles.







Este sistema es fácil de realizar pero los ensamblajes de ángulo quedan debilitados con un alma con una densidad tan baja. Si ese alma estuviera constituido por un material de más alta densidad sería un estupendo bastidor, pero también aumentaría su peso.

Aún así pueden reforzarse esos ensamblajes por medio de escuadras, listones perimetrales de canto (estaríamos ante el bastidor tipo cajón<sup>2047</sup>), listones traslapados, etc.

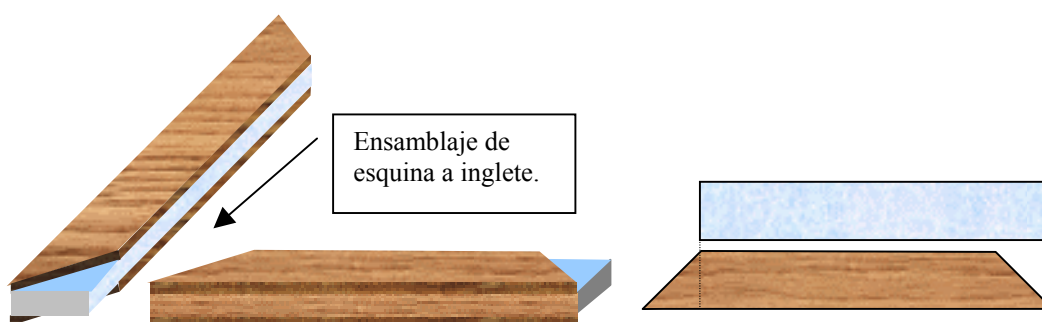
Podemos hacer distintas composiciones, más o menos afortunadas, a la hora de realizar este tipo de listones. Todo va a depender de la disposición de los listones y del grado de resistencia que ofrezcan una vez terminados.

Una posibilidad sencilla es la incorporación de un listón de canto. Con este nuevo elemento conseguimos mayor estabilidad y resistencia (no tanta como con el listón de cajón) y además obtenemos un canto donde poder tensar nuestras telas en caso de querer entelar este soporte.

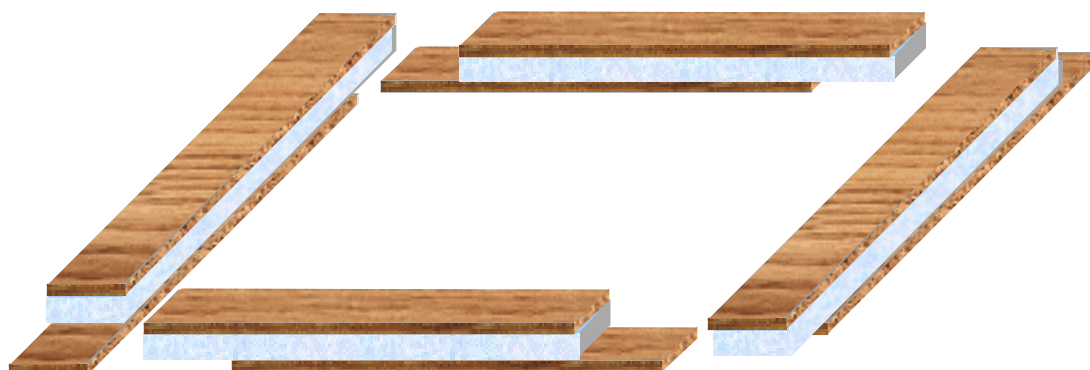
El ensamble de esquina puede ser un sencillo inglete, o podemos buscar soluciones jugando con el alma y las caras. Aumentando la superficie de contacto los ensamblajes son más seguros.

---

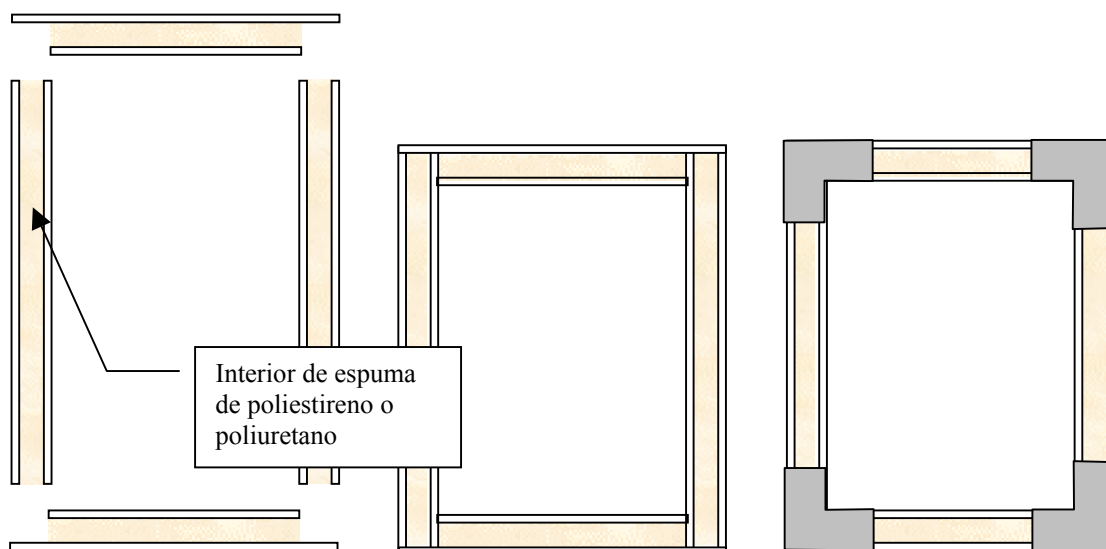
<sup>2047</sup> Derivado de la viga cajón o “box beam”, viga con una sección transversal que tiene forma de cajón.



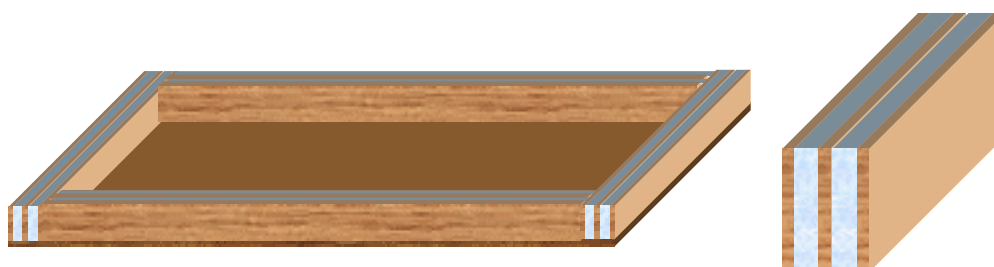
Hay una solución muy sencilla y más resistente que la primera posibilidad que veíamos y que consiste en traslapar una de las dos caras.



También puede ser interesante el uso del listón tipo cajón relleno de espuma.<sup>2048</sup>

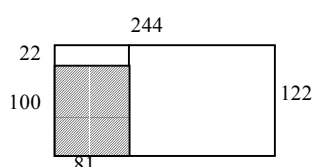


Otra posibilidad es la hacer un sándwich con tablero contrachapado y espuma de poliestireno extrusionado.



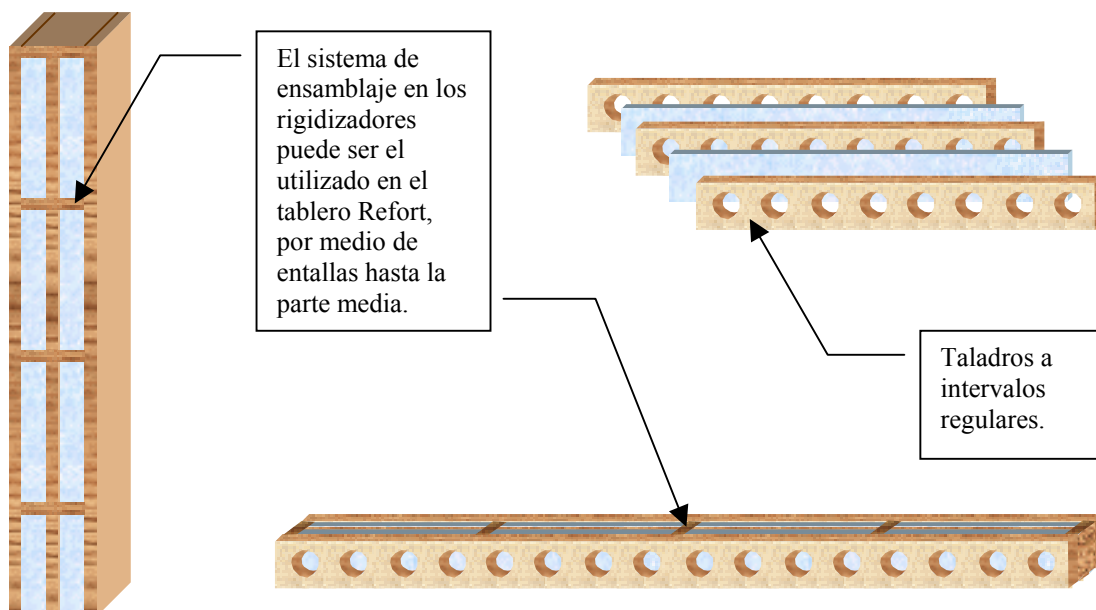
Como en casos anteriores su fabricación es muy simple y consiste en intercalar planchas de poliestireno extrusionado entre tablero de contrachapado delgado en incluso chapas de no excesivo grosor. Se aplica presión y cuando el adhesivo ha fraguado se procede a cortar el conjunto en tiras de la anchura determinada.

<sup>2048</sup> Podría intentarse obtener todo el material necesario para fabricar el soporte completo de un solo tablero. Dependerá, claro está, del formato del soporte. Esto comporta beneficios de tipo operativo, facilitando mucho el trabajo. Puede comprobarse esto mismo para otros posibles soportes. Del tablero obtenemos el formato deseado (100 x 81, por ejemplo) y con el resto se obtienen las tiras necesarias para formar los listones que conformarán el bastidor y los elementos de unión de los largueros y peinazos internos. De esta manera el bastidor es totalmente homogéneo al estar realizado todo él con el mismo material.





Aquí el problema estriba en los ensamblajes de esquina. Estos pueden ser de tipo escalonado como veremos más adelante en los listones macizos, realizados con varias capas de contrachapado.

Podemos incorporarle a determinada distancia rigidizadores que ayuden a estabilizar el listón. Incluso podemos realizar taladros regulares en las chapas, tableros, listones, etc. que usemos para fabricarlo.



Si le incorporamos dos tiras perpendiculares a las ya encoladas obtenemos un listón cajón mixto.

Estos sistemas de construcción pueden dirigir nuestra atención hacia la construcción de listones compuestos con aspecto entre listón con perfil en doble "T" y listón hueco tipo cajón.

Taladro múltiple Griggio.  
Cortesía de Calcomaq.

Si utilizamos poliestireno en planchas para construir el alma, habría que ajustar las proporciones del listón al ancho de esas planchas.

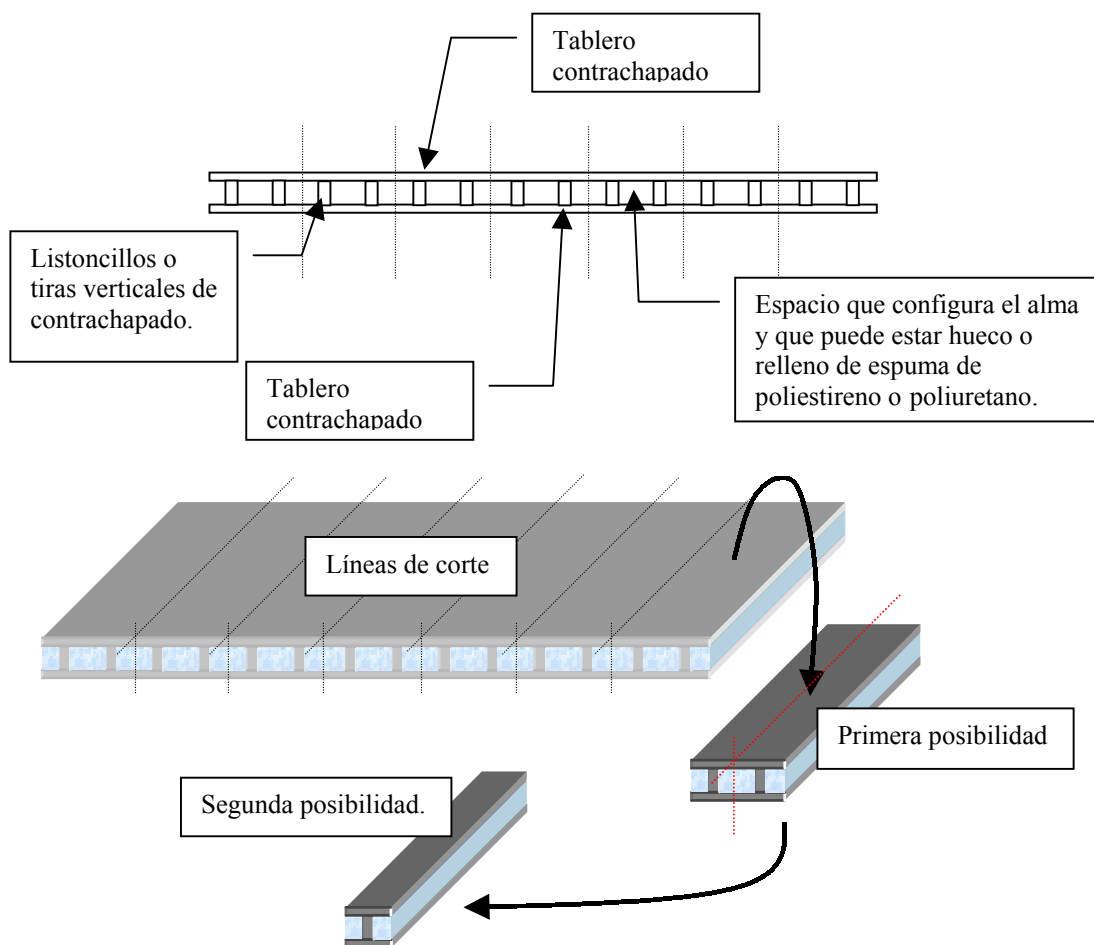
No se realizan ranuras que alberguen las tiras de canto y por eso su fabricación es más sencilla. Tiene el inconveniente de que los cortes han de ser sumamente precisos para que el encolado y posterior prensado sean correctos.

Para que con la presión ejercida durante el encolado no se produzcan deformaciones en el perfil, pueden incorporársele rigidizadores de borde no permanentes que ayuden a estabilizarlo durante el fraguado. Estos rigidizadores pueden ser simples tiras o listoncillos del ancho del alma.

El uso de planchas de espuma facilita la fabricación de los listones al mantener las tiras paralelas entre sí y a la misma distancia, aunque está limitada también por los grosores existentes en el mercado.



Su fabricación es sencilla:



Con los ensamblajes de esquina y los ensamblajes medios se procederá como en otros casos, reforzándolos con la prolongación y traslapado de los listones o con cualquier otro medio de refuerzo que mantenga los ángulos rectos.



Si no se va a rellenar de espuma (en plancha), puede intercalarse, entre las almas, un listón recubierto de un antiadherente que facilite la construcción y pueda retirarse posteriormente.

### **11.2.1.2 Listones macizos.**

#### **11.2.1.2.1 Listones macizos formados a partir de contrachapados.**

La ventaja de utilizar este sistema es que el comportamiento de todo el soporte frente a la humedad y la temperatura es exactamente el mismo pues están realizados (tanto el bastidor o los refuerzos como el tablero) con el mismo material. No ocurre lo mismo con los soportes que habitualmente compramos o fabricamos nosotros mismos, en los que conjugamos madera natural (bastidor) y contrachapado (derivado de la madera), sabiendo que el comportamiento de ambos materiales es muy distinto.

Puede decirse, en general, que cuanto más libres de tensiones se hallen los listones, de mayor estabilidad gozará el tablero.

Pueden aparecer problemas a la hora de utilizar muchos contrachapados (por la cantidad de finas chapas con las que están fabricados) puesto que existe una mayor superficie en contacto con la atmósfera que atrae más fácilmente la humedad, el deterioro por ultravioleta es más importante en la madera en chapas, etc., pero tiene la ventaja (el uso de muchas finas chapas) de actuar como un radiador al poner también mucha superficie al aire para ayudar a la evaporación más rápida del agua.

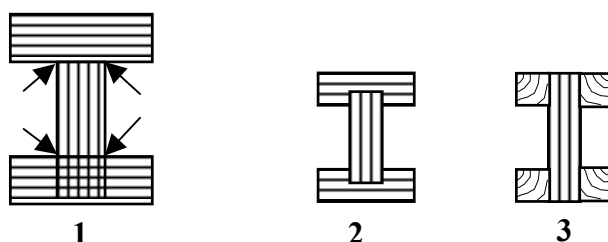
- **Formación de listones.**

○ **Listones con perfil en doble “T”.**

Están formados por listones de contrachapado con una disposición paralela entre sí de los que forman las alas y que son perpendiculares con el que forma el alma.

Es el mismo sistema utilizado en la construcción de vigas, tanto de hierro como de materiales derivados de la madera (vigas compuestas). En estos materiales, las cabezas o alas «resisten principalmente los esfuerzos normales y de flexión, mientras que el tablero debe soportar fundamentalmente el esfuerzo cortante»<sup>2049</sup>

Al estar el alma formada por tablero esas vigas reciben el nombre de “vigas con alma de tablero” o “ply web”.



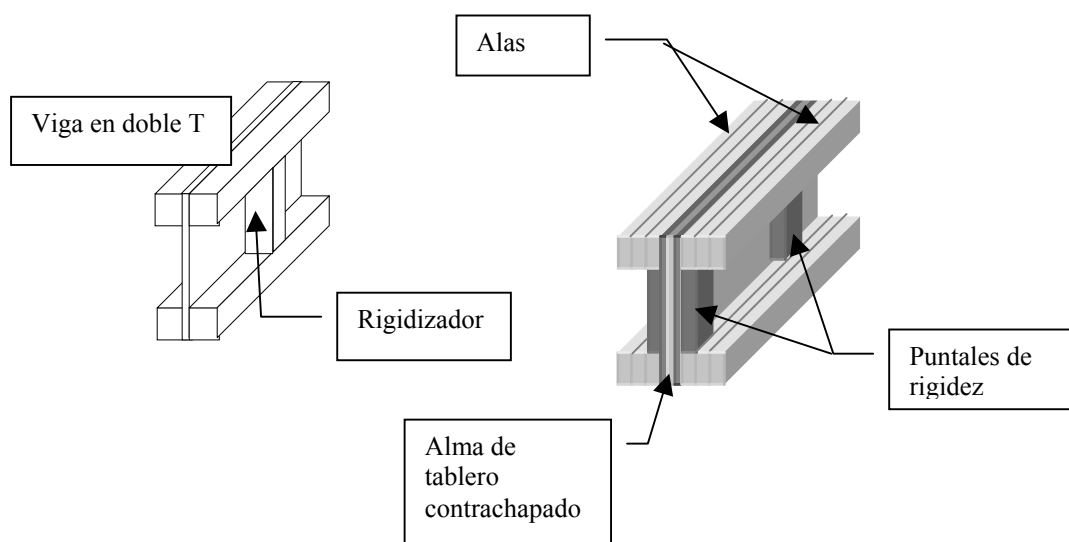
En el primer dibujo se producen zonas débiles por la dificultad de un correcto encolado, esto puede corregirse con soluciones como en **2** y en **3**, aunque nosotros podemos hacer el alma un poco más gruesa para que las alas asienten mejor. De todas maneras estos listones no van a estar expuestos a esfuerzos como a los que se ven sometidas las viguetas en la construcción.

En construcción dan muy buen resultado, desde hace más de cincuenta años, las viguetas en “I” con alma de tablero y cabezas de madera laminada.

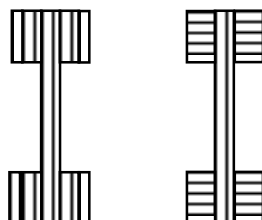
En la construcción de aeromodelos también se emplea este sistema al que denominan larguero en “doble T”.

<sup>2049</sup>, Andrés Merino (director), op. cit., pág. 102.

Suele incorporárseles rigidizadores o “puntales de rigidez”<sup>2050</sup> para corregir la tendencia al alabeo, etc.



Se utiliza el mismo concepto que en la fabricación de la madera laminada, tanto en la formación horizontal como en la vertical.<sup>2051</sup> Algunas de las secciones más típicas en la madera laminada son en “doble T” y tienen este aspecto:

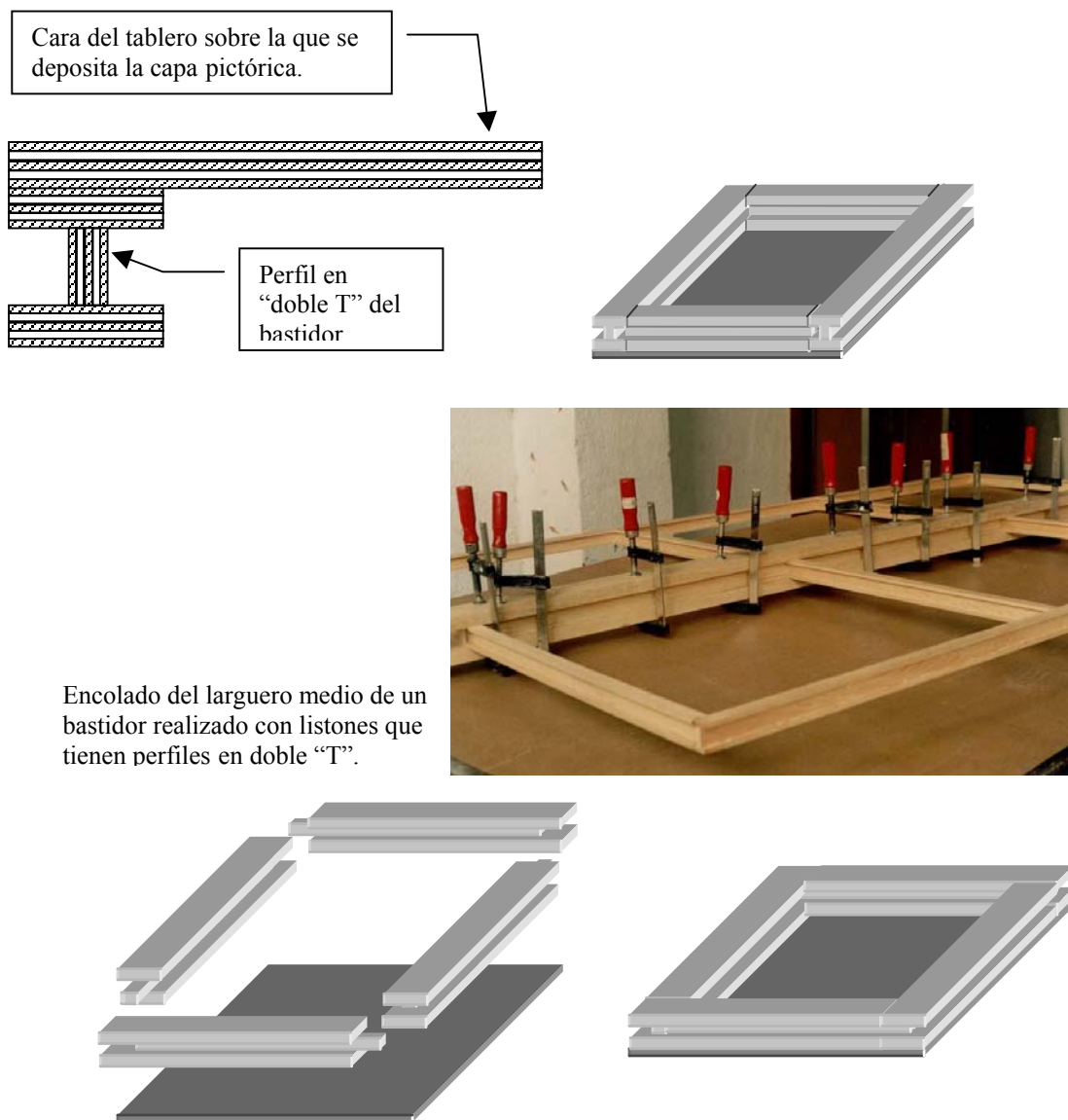


Listón con perfil en doble “T” en madera maciza, realizado con tres listones.

<sup>2050</sup> Aparece el término en César Peraza Oramas, “Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 57, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, mayo-junio, 1954, pág. 197.

<sup>2051</sup> Puede consultarse el punto referido a la madera laminada para comprender mejor la formación de este material.





Este sistema es bastante sólido ya que los distintos listones se entrelazan entre sí para formar un resistente entramado. Es de fabricación rápida y puede aprovechar materiales de pequeñas dimensiones. Esto es muy importante para el desarrollo sostenible ya que permite reaprovechar



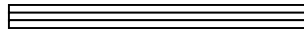
Bastidor con listones en perfil doble "T".

listones y listoncillos que de otra manera no tendrían otra salida que su trituración o combustión.

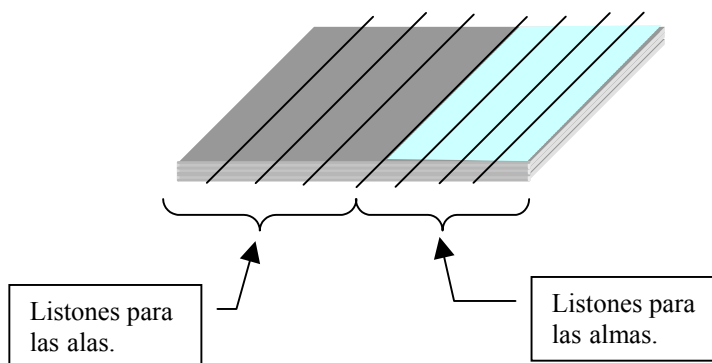
Con este sistema no se hacen necesarios los conectores.

Protocolo de fabricación:

- Encolar los contrachapados entre sí.



- Cortarlos en tiras del ancho de las alas y del alma.



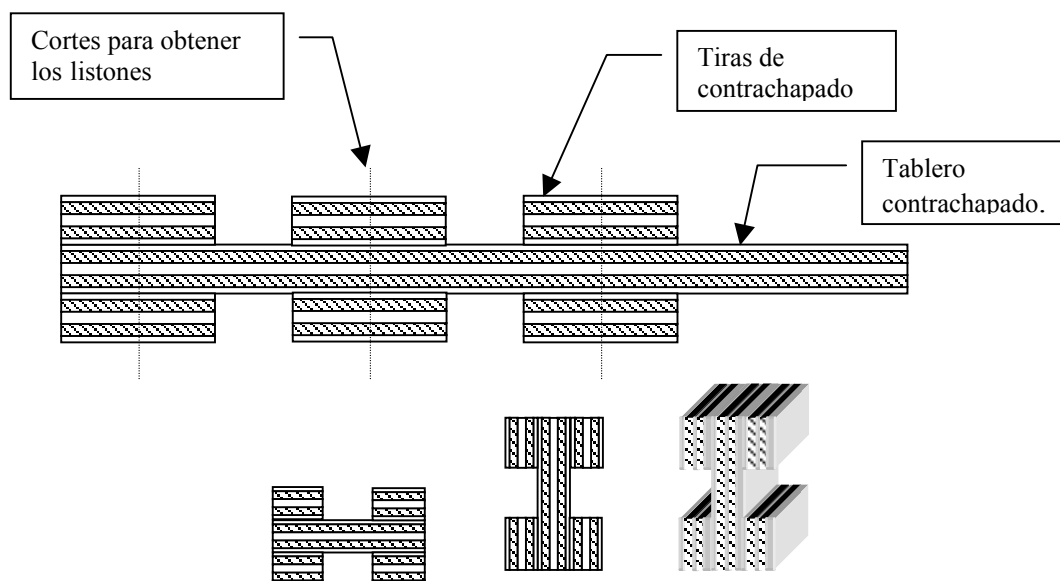
- Encolar alas y almas de los largueros y de los peinazos, teniendo cuidado porque son diferentes.



Aspecto final del bastidor realizado con perfiles en doble "T".

A veces es necesario recurrir a la colocación de rigidizadores (tal y como se hace en la construcción) para evitar el pandeo y además se repartiría la carga si ésta se concentrara en un punto concreto.

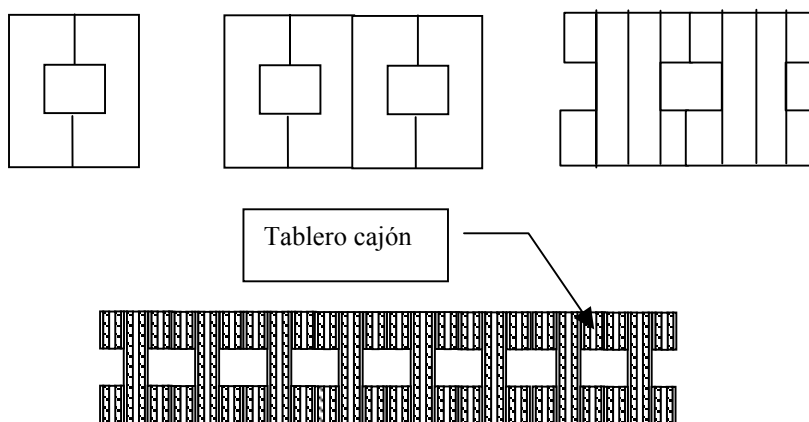
Otro protocolo de fabricación nos genera listones con una disposición diferente:



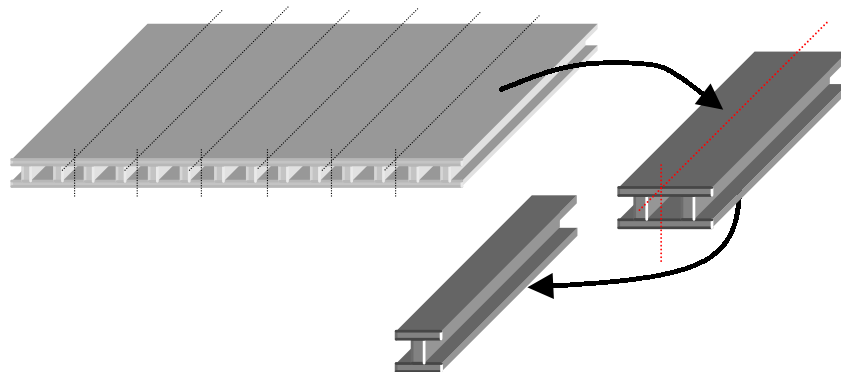
Si las alas resultasen cortas, se podría encolar otra tira encima de la primera. Si el alma nos parece estrecha, encolaríamos otro tablero encima del primero.



Otra posibilidad que nos ofrece es la fabricación de los listones cajón y/o el tablero cajón o hueco.

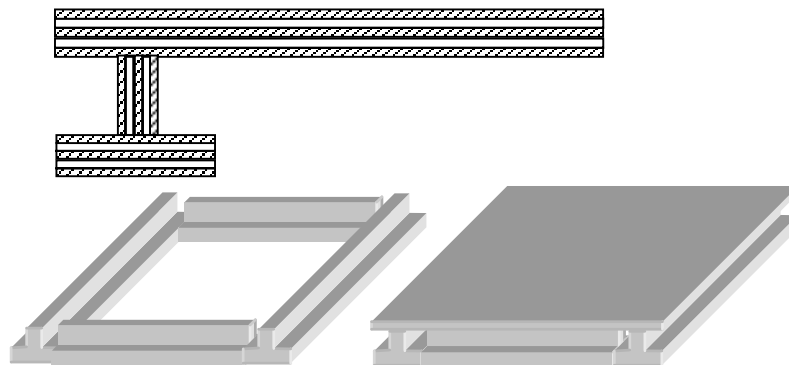


Podemos obtener los listones de esta otra manera también sencilla, que ya vimos:

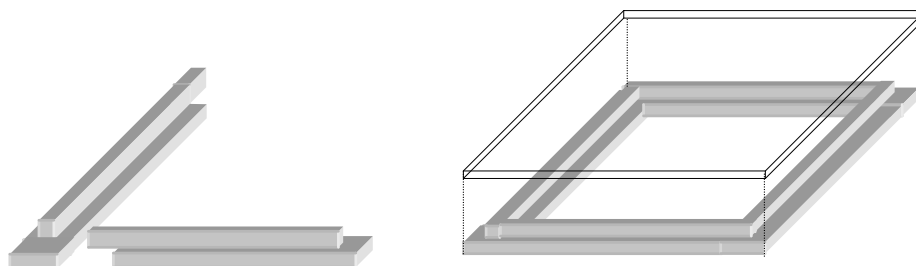


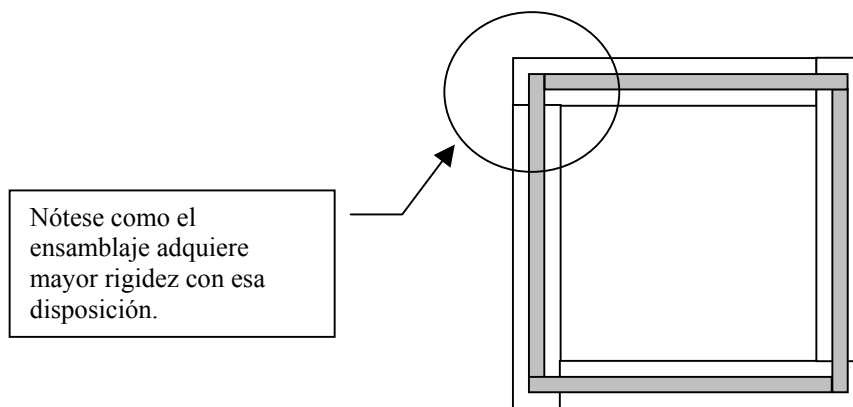
También podrían hacerse listones con una “T” invertida. De esta manera podríamos ahorrarnos el trabajo, tiempo y dinero de construcción de una de las alas.

Pero para su montaje es imprescindible realizar antes el bastidor completo para que el tablero asiente perfectamente en él. Aunque esto sea siempre aconsejable, sabemos que no siempre se respeta esta realización.

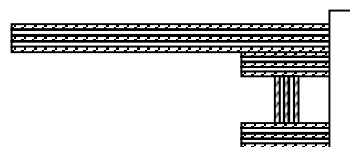


Los ensamblajes de esquina pueden hacerse a inglete o realizando esta operación de machihembrado, que ya conocemos, y que asegura mejor la unión.

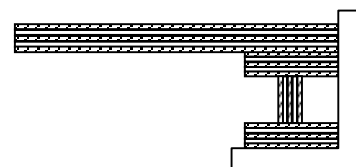




El canto del tablero queda pues, de esta manera, ranurado, pudiéndose aprovechar dicha ranura para acoplar otros tableros, marcos, un listoncillo simple, perfiles de todo tipo, etc.

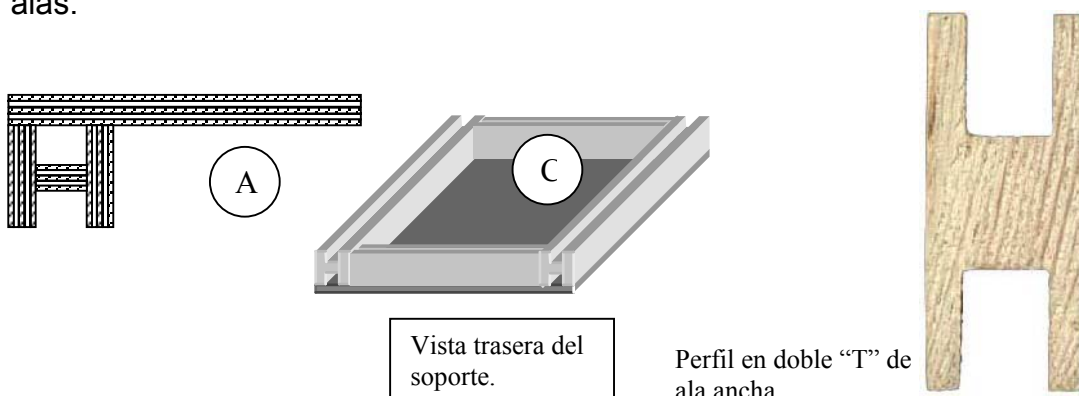


Listoncillo simple

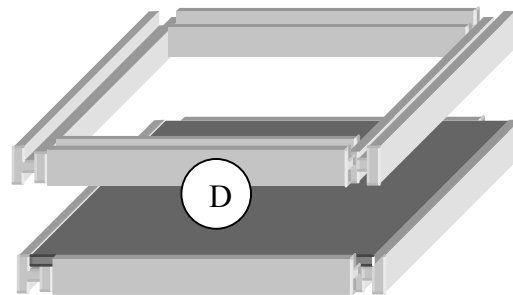
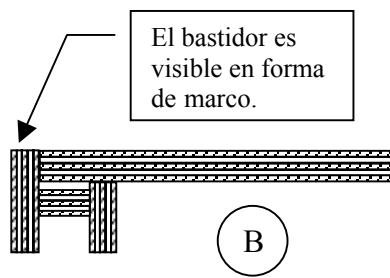


Perfil en "L"

Otra fórmula consiste en rotar el listón y hacer que las dos alas entren en contacto con el tablero. La resistencia del bastidor es menor pero aprovechamos la función a la vez estética y de soporte que producen las dos alas.



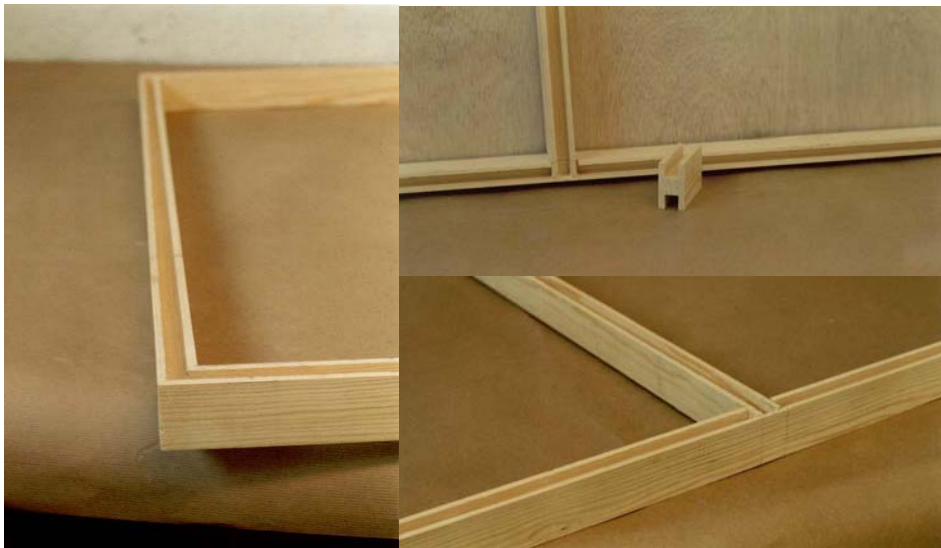
En el caso A, el bastidor queda oculto y solo realiza una función resistente.



Aspecto que tiene el bastidor, sin tablero y con él.

En ambos casos, A y B, es fácil aplicar presión durante el encolado ya que la zona de encolado se circunscribe a un estrecho margen.

El caso C, muestra el ensamblaje por encuentro que se produce en el caso A, siendo la zona de contacto muy pequeña y poca también su resistencia.



Diferentes aspectos del bastidor construido con perfiles de doble "T" de alas anchas en posición invertida.

No deja un aspecto homogéneo pero es rápido de hacer. Los huecos que quedan después de encolar el tablero, pueden rellenarse con espumas que ayudarán a encolarlo mejor.

Puede mejorarse variando, como en otros casos la longitud de los listoncillos o tiras que forman el listón, cortándolos a inglete, utilizando conectores, etc.

El caso D, aspecto tridimensional de B, nos deja algo parecido en los cantos pero fija mejor el tablero al bastidor y, además, una de las alas del mismo bastidor actúa a la vez como marco.

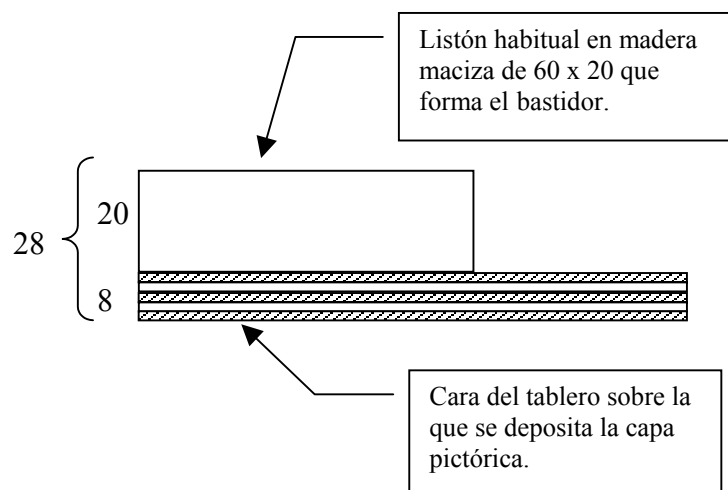
Mejora su aspecto y resistencia modificando la longitud de los listones como hemos visto en casos anteriores parecidos.



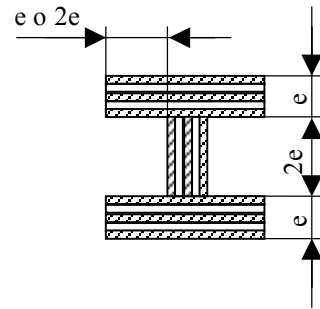
Bastidor acabado y detalle de un ensamblaje medio.

El corte a inglete y los herrajes o conectores también son factibles.

Todos estos listones y bastidores deberían encolarse a los tableros con el mismo tipo de cola existente en los tableros para que no existieran después problemas derivados de las diferentes propiedades de cada tipo de cola, exceso de humedad al utilizar colas al agua o cualquier tipo de reacciones extrañas, tensiones, etc.

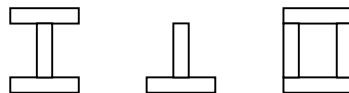


Debemos procurar que los huecos, grosores, rigidizadores y cualquier otro elemento que conforme los bastidores sean siempre múltiplos del grosor del contrachapado a usar como panel, pues de esta manera se facilitan los distintos ensamblajes.

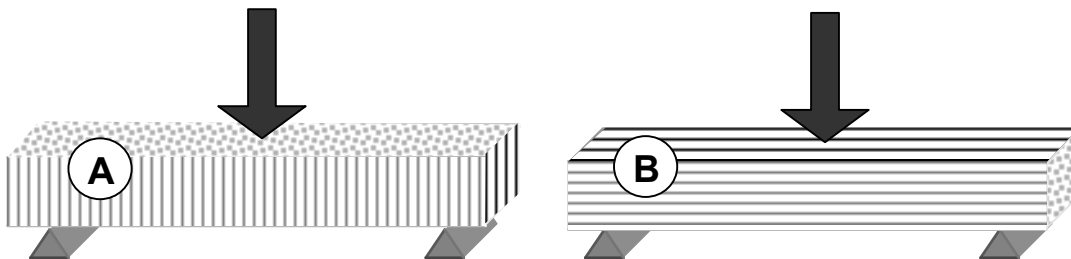


Del uso de tablero contrachapado como alma de estos listones derivan algunos problemas como que sólo una parte de las chapas actúan durante el esfuerzo. Las chapas con las fibras paralelas al esfuerzo son más fáciles de romper, por eso sería más conveniente, caso de tenerlo a mano) la utilización de madera microlaminada o tablero a la veta.

Con la disposición del contrachapado sólo aprovechamos las chapas perpendiculares al esfuerzo, las otras chapas “no trabajan”, con lo cual el contrachapado se hace sumamente frágil. Me estoy refiriendo al hecho de utilizar los contrachapados como listones en casos como estos:



El caso de la madera maciza es idéntico. En el caso A, el esfuerzo es paralelo a las fibras y esto trae consigo una mínima resistencia por parte del listón. Por eso se corta la leña de esa manera, con un golpe de hacha en esa dirección. En el caso B el listón es perpendicular al esfuerzo y, por lo tanto, presentará mayor resistencia a los esfuerzos.<sup>2052</sup>



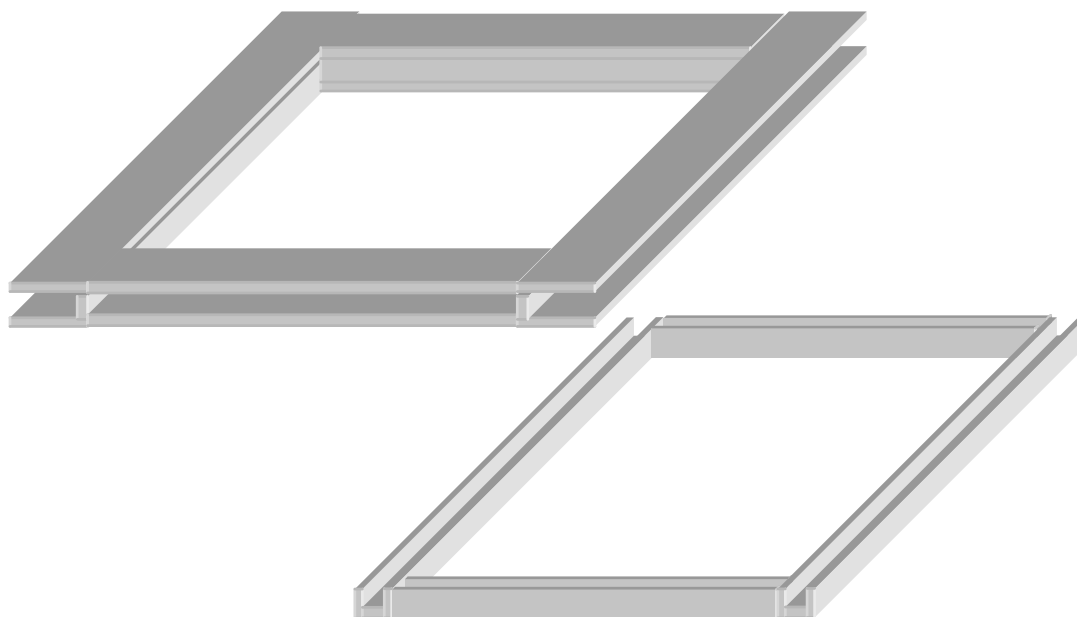
<sup>2052</sup> Evidentemente el caso A es poco resistente a ese tipo de esfuerzos por tratarse de un listón con esas características. En el caso de los pilares, la situación es la misma: el esfuerzo es paralelo a las fibras pero la ubicación de la pieza es diferente: la pieza observa una posición vertical.



- **Listones con perfil en “U”.**

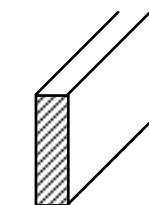
Son similares a los listones ranurados aunque aquí “la ranura” es más ancha y profunda.

Puede dársele el mismo tratamiento que a aquellos, en cualquiera de las posiciones posibles por las que optemos. Este mismo tipo de listón lo tenemos como listón compuesto al incorporarle espumas sintéticas.

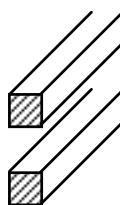


Si necesitamos clavar telas, dejaremos la ranura hacia el interior. Con los ensamblajes de esquina actuaremos como en casos anteriores, buscando asegurar la unión todo lo posible.

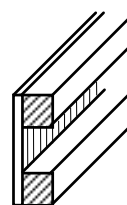
El listón con perfil en “U” también se utiliza en aeromodelos y deriva de la unión de un larguero doble y un tablero delgado.<sup>2053</sup>



Larguero  
sencillo



Larguero  
doble



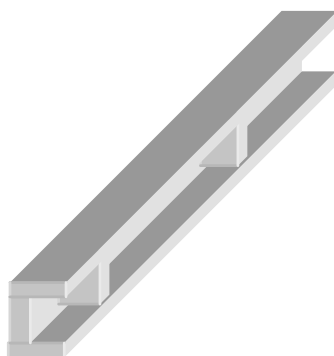
Larguero  
en “U”

---

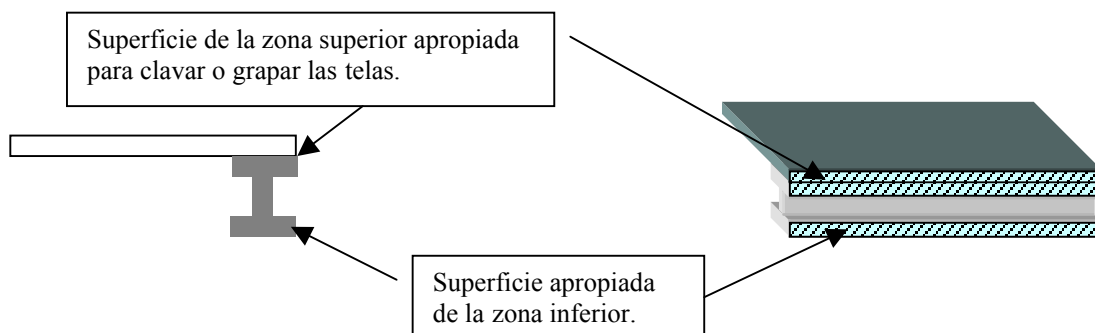
<sup>2053</sup> W Dollfus y, A Degen, *Aeromodelismo (técnica de la construcción y vuelo de aeromodelos)*, 2ª edición, Editorial Hispano Europea, Barcelona, 1960, pág. 83.

A nuestro listón e “U” podemos incorporarle rigidizadores<sup>2054</sup> que van a servir para cualquier postura que adopte el listón.

Estos rigidizadores reducen el efecto de abolladura en los elementos que puedan sufrir algún tipo de compresión.



Si el listón debiera presentar la ranura hacia fuera, presentaría el problema del grapado de las telas en el canto. Dicho grapado debería hacerse por la trasera. Además, al entelar el canto presentaría una zona más frágil por estar hueca. Aunque también se puede grapar en el canto del ala inferior si esta tiene un grosor suficiente para ello, pero también puede hacerse en la parte superior del canto ya que se suman los grosores del ala superior y del tablero.

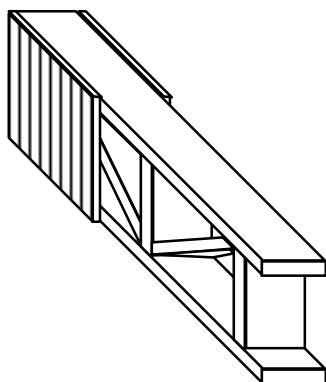


<sup>2054</sup> En construcción, a este tipo de rigidizadores de borde también se les denomina “pilote”.

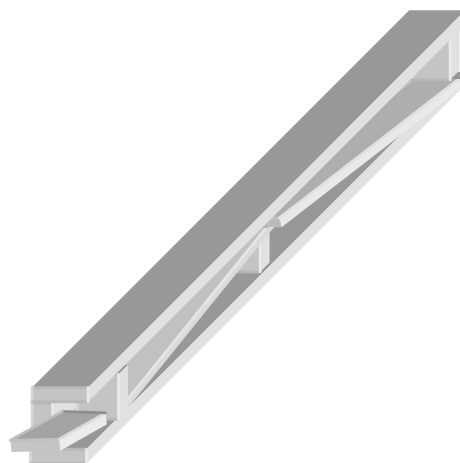
Todo esto se evita con listones compuestos.

Además de estos rigidizadores se le pueden incorporar pequeños arriostramientos que rigidizan más aún el listón y evitan torsiones en sentido helicoidal, con lo que el listón gana estabilidad.

Podemos conseguir mayor resistencia incorporando otro tablero para cerrar el costado que presenta el rigidizador y el arriostramiento. Con esto conseguimos un



listón tipo cajón, pero con rigidizador y arriostramientos internos. Este



sistema es muy ligero y se utiliza también en la construcción de modelos a escala por su alta resistencia en relación con su baja densidad.<sup>2055</sup>

Algo similar son los arcos tipo “Stephan” usados en la construcción.<sup>2056</sup>

- **Listones formados por varias capas de contrachapado en disposición paralela.**

Otras denominaciones: **listones estratificados o laminados en paralelo**<sup>2057</sup>.

Con la disposición de tres capas se produce una ranura central que sirve de corredera para que los peinazos intermedios puedan desplazarse sin problemas y adoptar la posición idónea sin problemas con los cajeados de las mortajas. Estos sistemas se vienen empleando desde hace siglos con la madera natural a la que se le practica dicha ranura con una sierra circular.

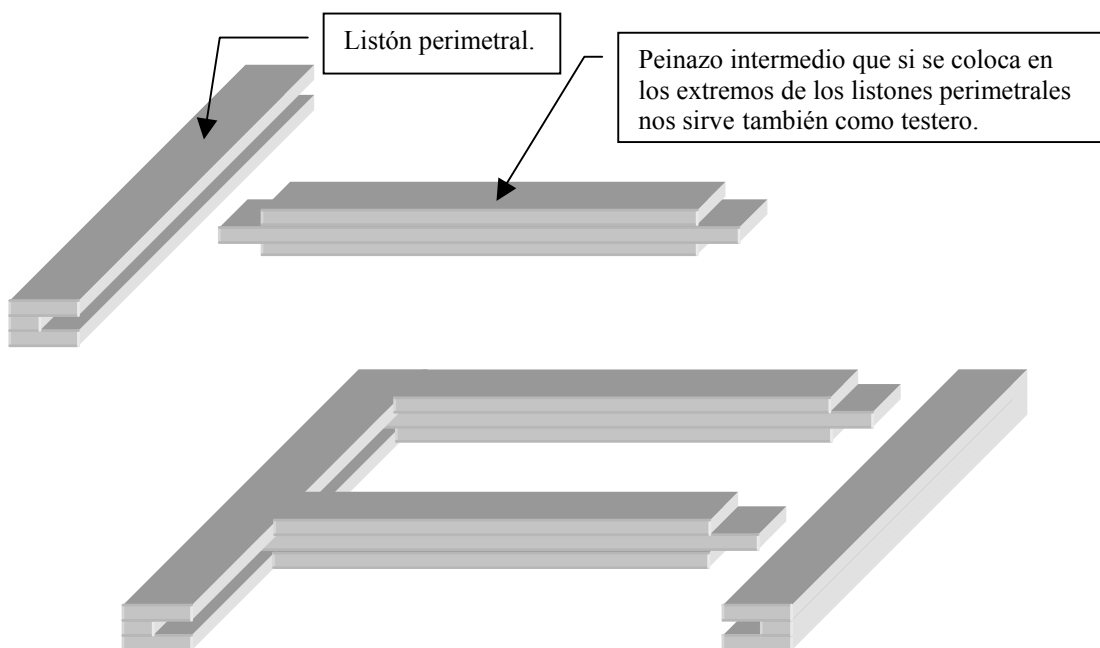
<sup>2055</sup> Vid. W. Dollfus y, A. Degen, op. cit., pág. 146.

<sup>2056</sup> Para más información vid., F. Cassinello, op, cit., pág. 220.

<sup>2057</sup> La norma UNE-EN 923:2000 utiliza el término “estratificado o laminado paralelo” para designar un estratificado en el que todas las capas de material están orientadas de forma aproximadamente paralela con respecto a la fibra o a alguna propiedad anisotrópica. Técnicamente este no es nuestro caso, ya que hay chapas de los tableros que no siguen la misma dirección de las otras, pero nosotros hemos tomado como unidad al tablero en sí, no a las chapas que contiene.

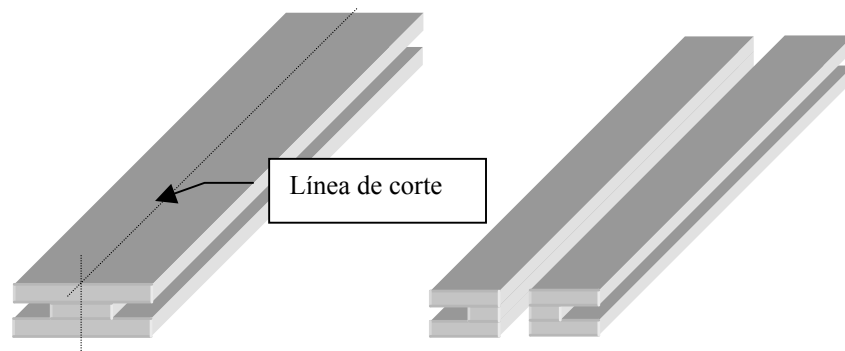
A nosotros nos interesa el uso del contrachapado para realizar estos listones a la par que poder utilizar retales de tablero y así optimizar los materiales.

A estos peinazos intermedios se les bloquea por medio de rigidizadores en forma de taco. Antiguamente no tenían que hacer esto, porque este tipo de bastidores se realizaban para la fabricación de los paneles denominados de “marco y plafón”, que no necesitaban bloquear los peinazos porque el propio tablero los bloqueaba al discurrir por la corredera.<sup>2058</sup>

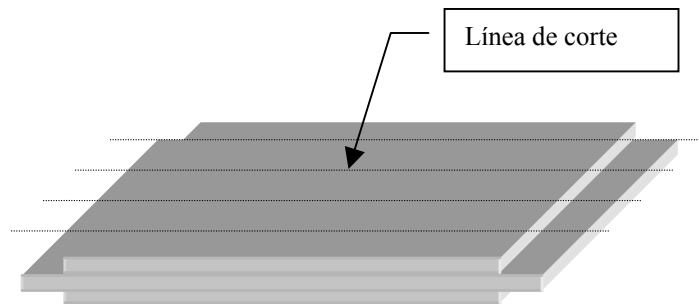


Su fabricación es bastante simple si se trata de realizar bastidores sin largueros ni peinazos, pues si éstos fueran necesarios la cosa se complica un poco más ya que habría que hacer varios tipos de listones.

Comenzamos por realizar los listones que llevan la corredera encolando tres tiras entre sí para obtener los dos necesarios para un bastidor.

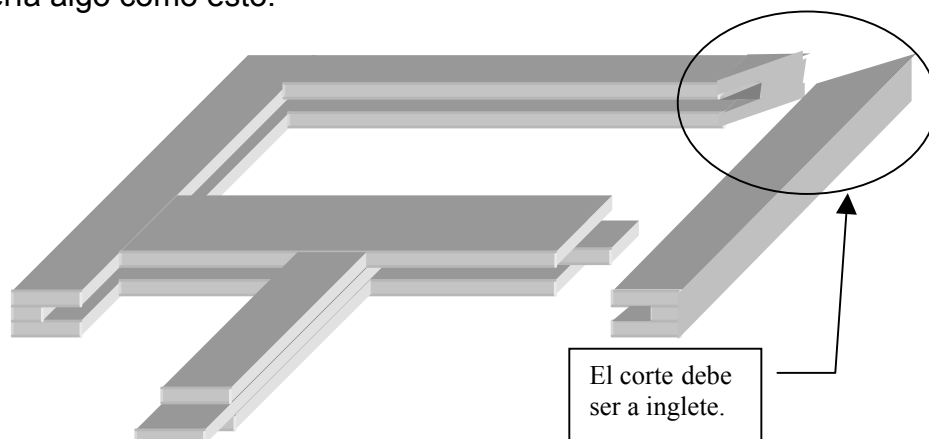


<sup>2058</sup> Puede consultarse el apartado dedicado a los marcos de ranura.

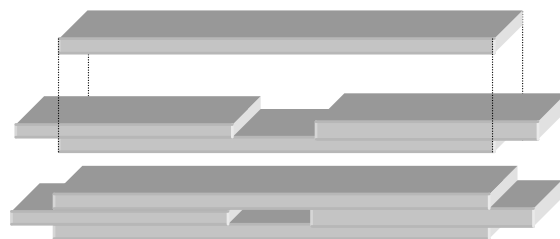


Con estos dos tipos de listones tendríamos resueltos los listones perimetrales y los peinazos internos solamente. Incorporar largueros conllevaría la fabricación de un listón especial que encaje en la corredera de los perimetrales y que, a su vez, contenga una corredera para que encajen en ella los peinazos. Asimismo los testereros podrían estar fabricados con el mismo tipo de listón de corredera, solo que los cortes habrían de darse a inglete.

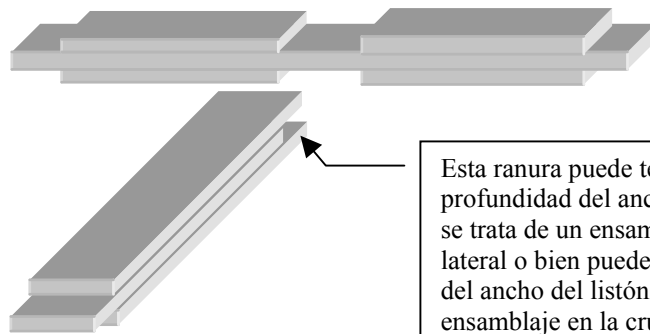
Sería algo como esto:



También podemos fabricar un larguero sin corredera pero que pueda albergar los peinazos:



O también:

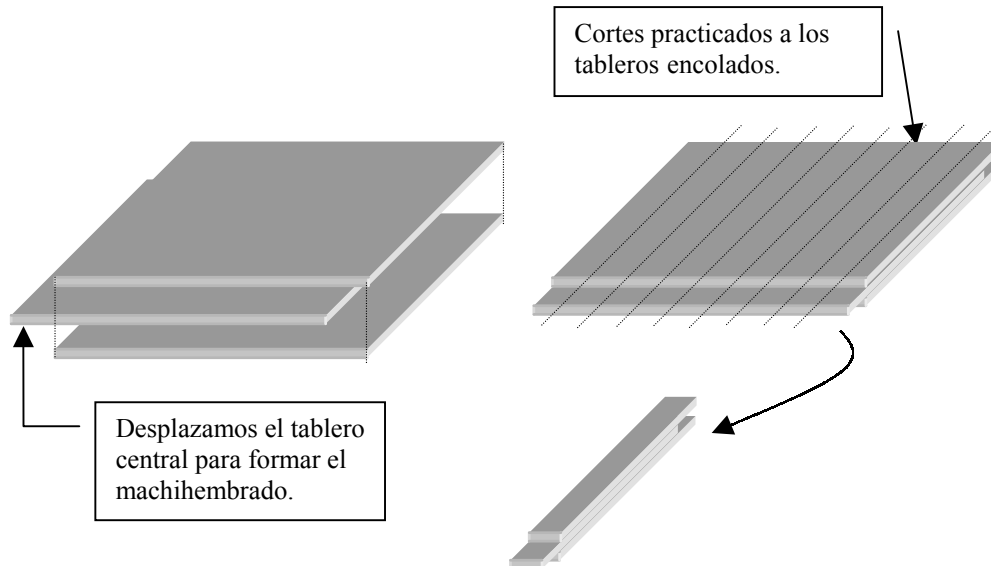


Esta ranura puede tener la profundidad del ancho del listón si se trata de un ensamblaje interior y lateral o bien puede tener la mitad del ancho del listón si se trata de un ensamblaje en la cruceta, ya que ahí confluye con otro listón.

Otra posibilidad es la de fabricar bastidores sencillos que no requieran largueros ni peinazos interiores.

Pueden utilizarse contrachapados de poco grosor si el formato es pequeño. Para formatos mayores que requieran de peinazos y largueros debería aumentarse el grosor de los tableros o proceder a su refuerzo por medio de otros métodos, ya que los contrachapados dispuestos de esta manera son muy flexibles.

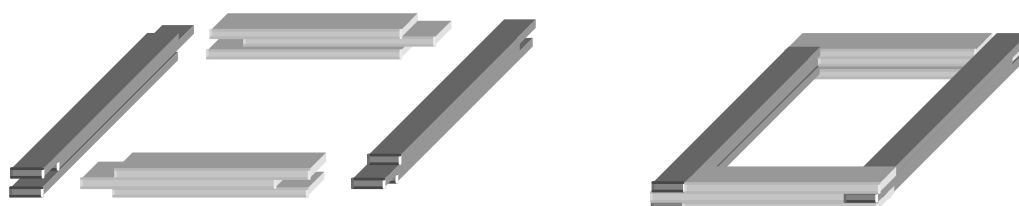
Su obtención es sencilla:



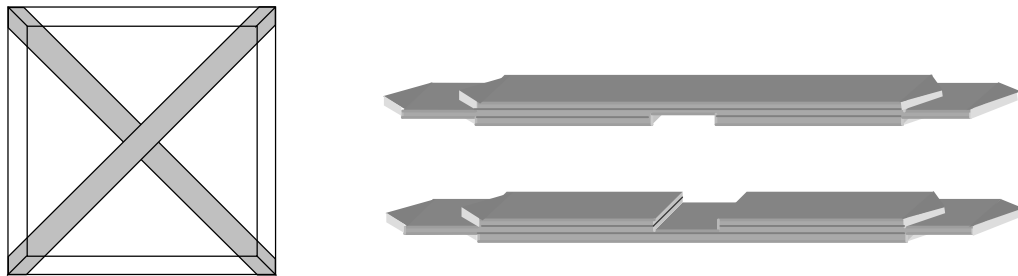
Cortes practicados a los tableros encolados.

Desplazamos el tablero central para formar el machihembrado.

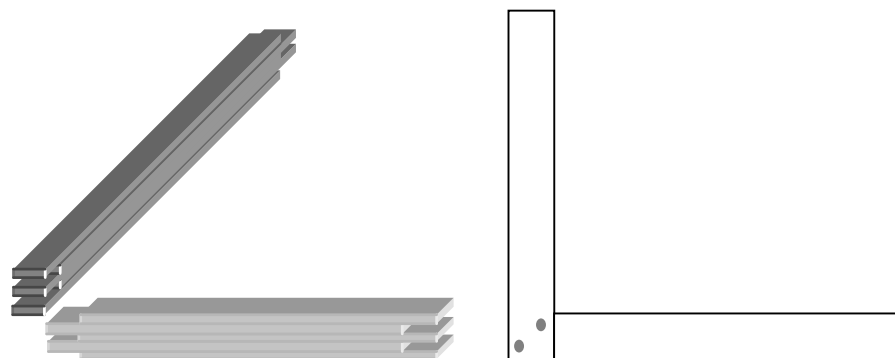
Luego, sólo tenemos que encolar los extremos y proceder a su rápido ensamblaje.



Podemos utilizar estos sistemas para realizar refuerzos tradicionales como la “Cruz de San Andrés” y que éste quede nivelado con el resto del bastidor, facilitando así su encolado al tablero y quedando, a la vez, nivelada la trasera. Ya hacíamos referencia a este sistema al hablar de la lambeta como sistema de ensamblaje.



Algo más trabajoso sería el sistema de unión duplicado o unión en ángulo recto con doble espiga al exterior, pero resulta más seguro por la mayor superficie de encolado.

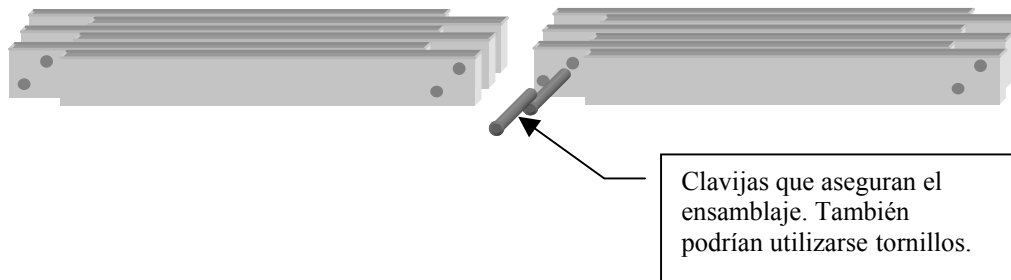


Si fueran necesarios largueros, peinazos y crucetas, se seguirá el mismo criterio constructivo que si se tratara de un ensamblaje de espiga pasante (o no pasante, según se desee) y horquilla en ángulo.

Estos sistemas tienen la ventaja de que pueden mantenerse presionados los ensamblajes de esquina, medios y crucetas con un simple gato, produciéndose una unión perfecta, si los cortes se han realizado adecuadamente.

Este sistema de doble espiga es muy interesante en los empalmes de listones, porque en la construcción e ingeniería se emplea un sistema parecido que da magníficos resultados en cuanto resistencia a flexión. La única diferencia es que suele utilizarse en uniones metálicas, aunque cada

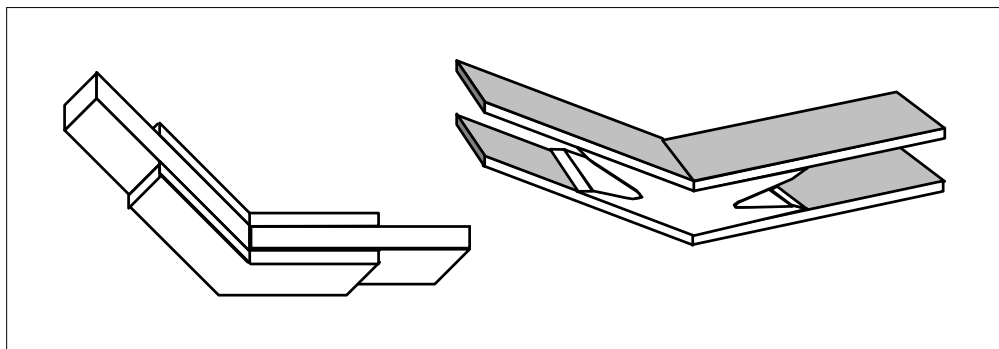
vez más se va utilizando algo parecido con las estructuras de madera y los conectores usados en sus ensamblajes.



Un empalme muy usado en la construcción, que utiliza contrachapado es el denominado “empalme de triplay” o “Junta alineada”. Suele utilizarse este tipo de conexión cuando se empalman dos piezas de madera de construcción. Se emplea mucho en viguetas de piso, como empalme adicional.



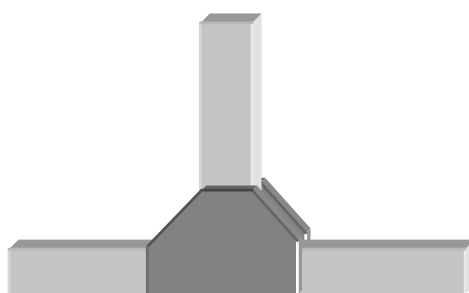
Parecido es el sistema que se emplea en ensamblajes en ángulo en la construcción de modelos:<sup>2059</sup>



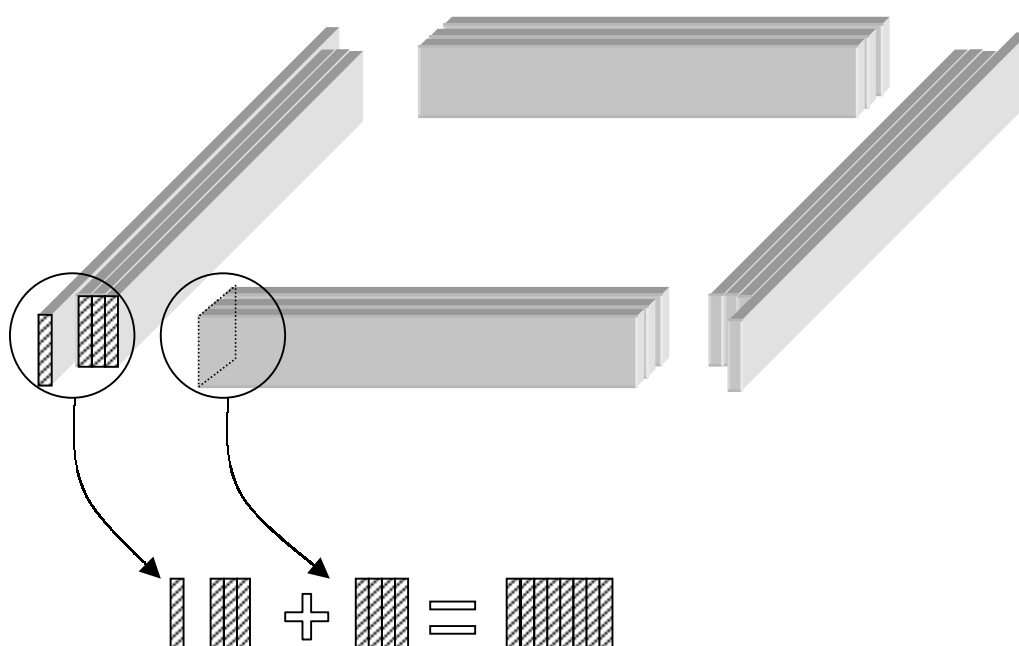
También se utiliza el contrachapado en otro tipo de uniones (sobre todo en armaduras de cubierta), en los que recibe el nombre de “cartela de triplay”. Este trozo puede ser de madera, de triplay o de metal y proporciona en estas intersecciones mayor rigidez y resistencia.

<sup>2059</sup> W. Dollfus y A Degen., op. cit., pág. 84.

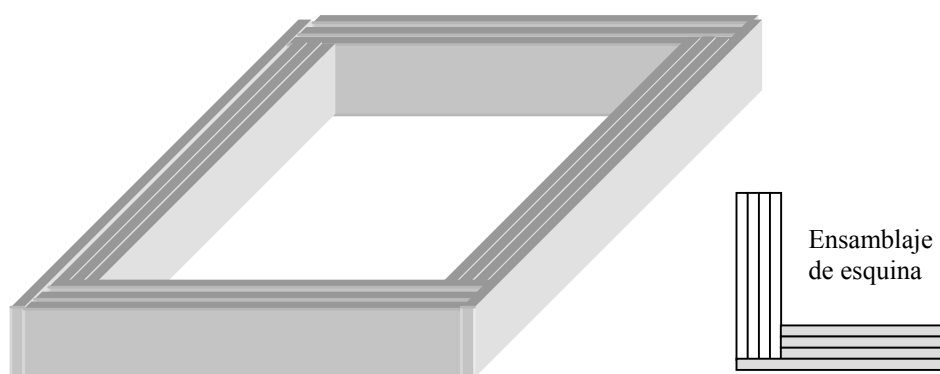




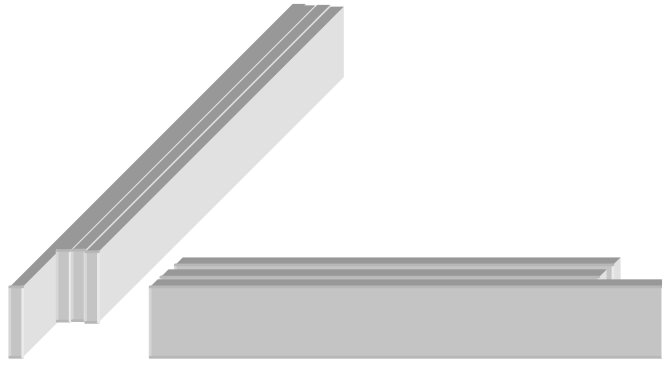
Otra posibilidad con listones formados por contrachapados:



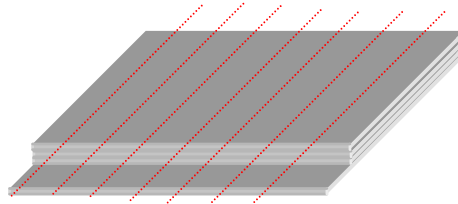
Superficie de contacto entre dos listones:



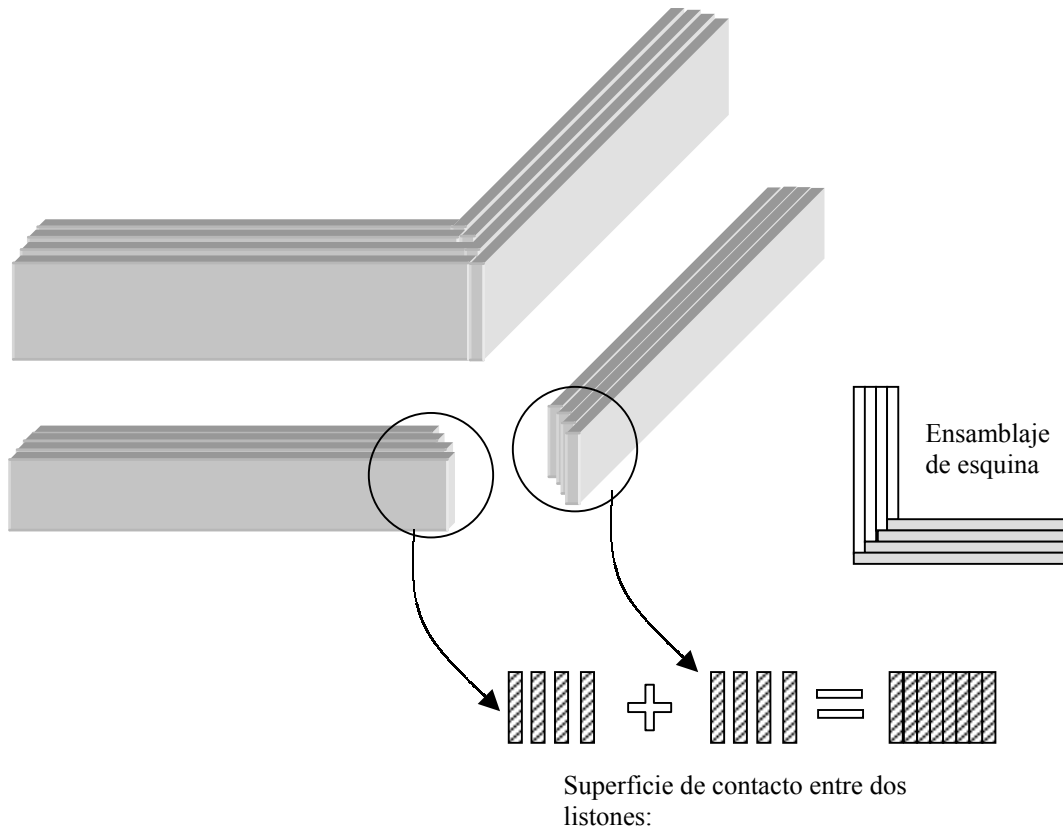
Los listones que componen el bastidor pueden ser todos iguales si se establece la siguiente disposición:



Su sistema de fabricación es bastante sencillo, tal y como podemos apreciar en el dibujo: encolado de tres tableros al mismo nivel en el canto y, posteriormente el conjunto se encola a un tablero de mayor longitud que estos otros (esa mayor distancia corresponde al grosor final del listón).

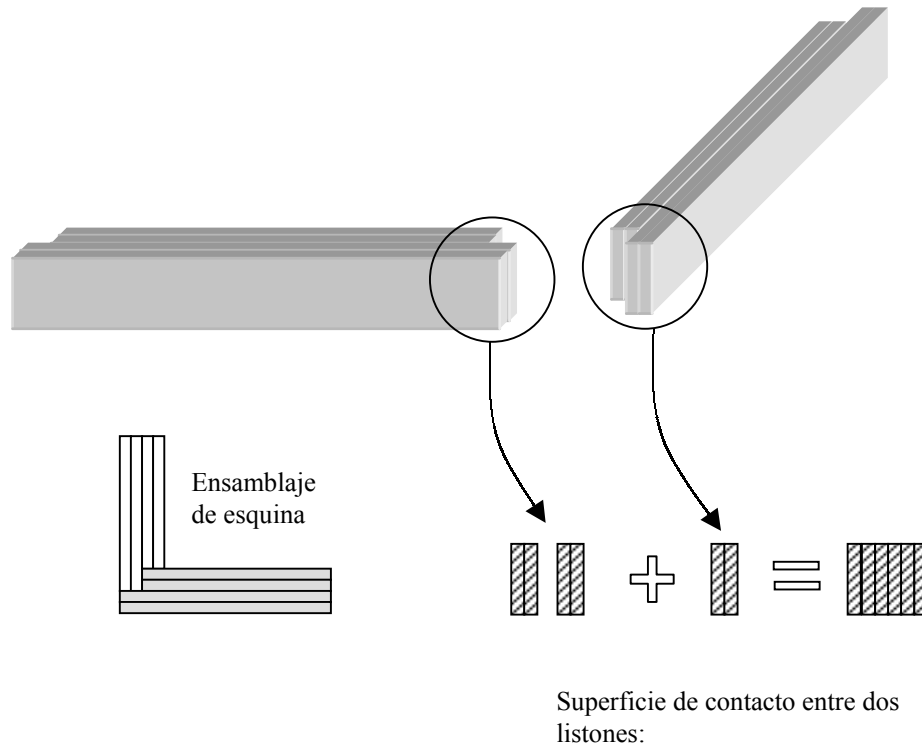


También es posible este otro tipo de ensamblaje de esquina, con la misma superficie de contacto entre ambos listones que en el caso anterior.



Su sistema de fabricación es bien sencillo y consiste en encolar los distintos tableros de manera escalonada y, una vez secos, cortar a la anchura deseada.

Otra solución es posible, aunque con menor superficie de contacto. Ese trata de una media madera en esquina pero con los listones de perfil.

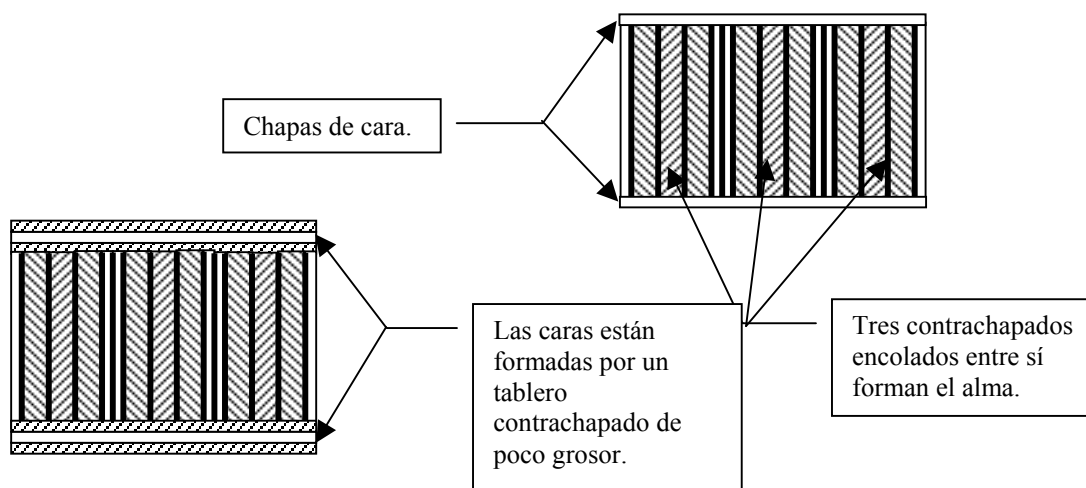


Se fabrican siguiendo las pautas de listones anteriores

Estos listones pueden mejorar sensiblemente si se realizan con tableros de alma enlistonada ya que las chapas de cara mejoran la resistencia a flexión.

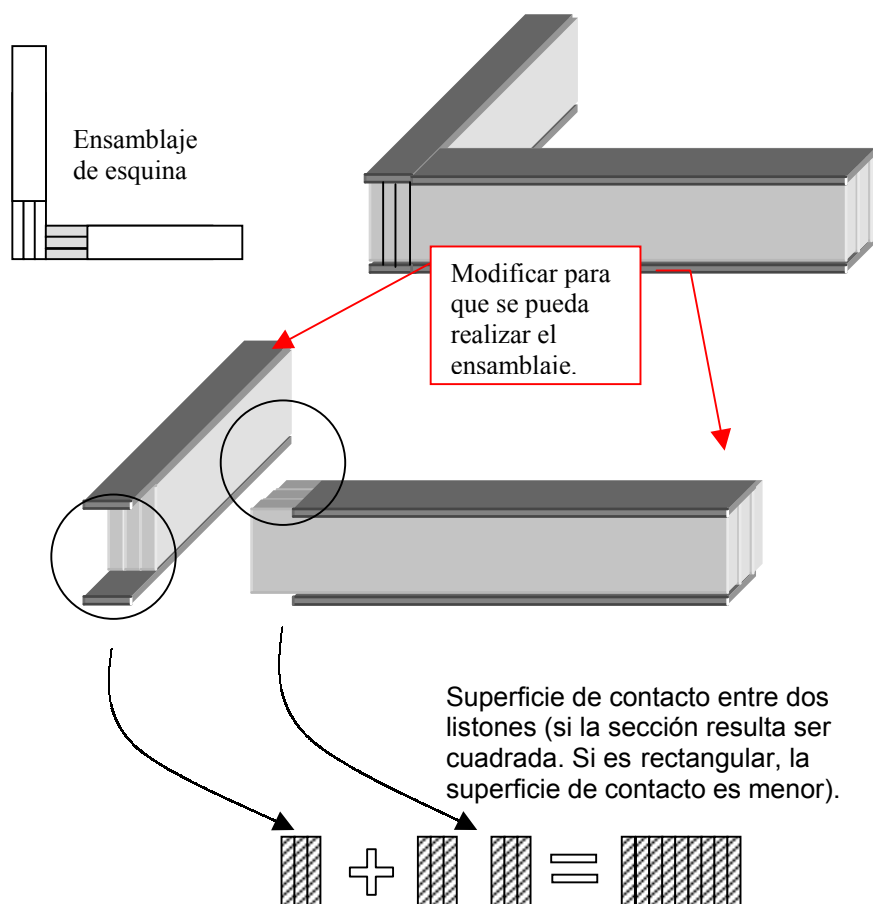
Este sistema podemos emplearlo para construir algo similar con contrachapado, es decir, unas tiras de tablero contrachapado irían colocadas de canto mientras que otras dos irían colocadas perpendicularmente a estas. El problema que surge es que muchas de las chapas no serían perpendiculares a las caras del listón, con lo que sería más flexible que si todas ellas fueran perpendiculares.

Es fácil suponer que esta disposición de los contrachapados sea menos resistente que los listones fabricados con tableros de alma enlistonada porque en estos tableros todas fibras del alma siguen la misma dirección.



En este caso, los ensamblajes de ángulo son sencillos de hacer.

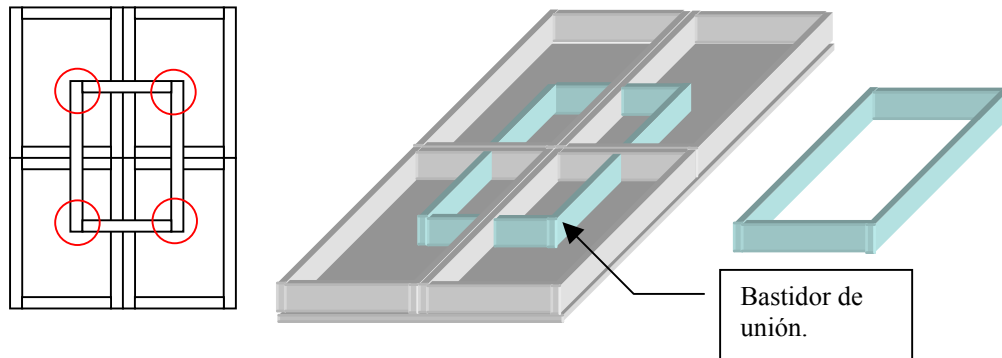
En el de los listones de tablero de alma enlistonada habría que recurrir a la sierra para poder hacer los ensamblajes de ángulo.



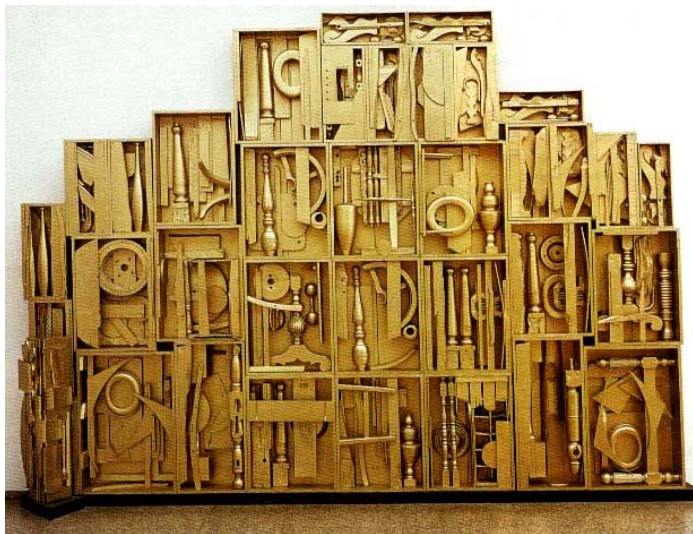
Combinando distintos bastidores ya ensamblados, de los que utilizan listones de canto, podemos obtener formatos mayores, utilizando uno de

ellos como enlace de los otros. Dicho enlace puede hacerse a media madera con el fin de que todos los bastidores estén al mismo nivel superficial y así favorecer el encolado del tablero.

Además todos los bastidores están encolados entre ellos.



El hecho de unirlos con otro bastidor idéntico hace que aparezcan cuatro puntos (marcados con circunferencias de color rojo) en el centro de

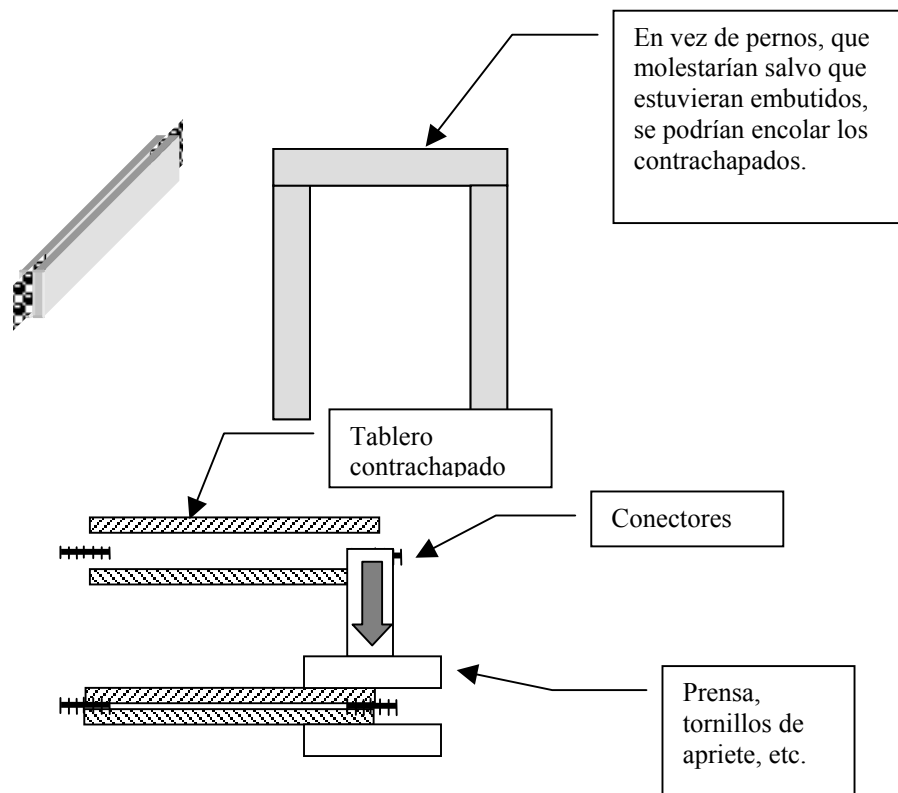


Louise Nevelson.  
Marca real IV, 1959-1960.  
Madera pintada con pistola  
cargada de una solución dorada,  
35 partes.

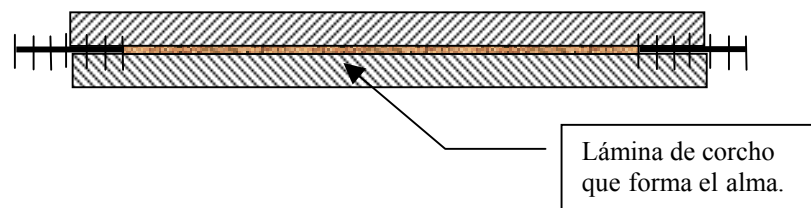
cada bastidor que hace que, al poner el tablero, no se produzcan hundimientos en esas zonas. Podría haberse usado este sistema para ensamblar la obra de Louise Nevelson que incluimos.

Los listones también pueden formarse por la unión de dos o más contrachapados por medio de conectores, que hacen del ensamblaje algo bastante sencillo y rápido. Lo normal es utilizar los conectores en escuadrías importantes, sobre todo de madera laminada. Trayendo esto a

una escala inferior el resultado sería excelente por la rapidez de ejecución y la perfecta unión que se consigue entre las distintas piezas.



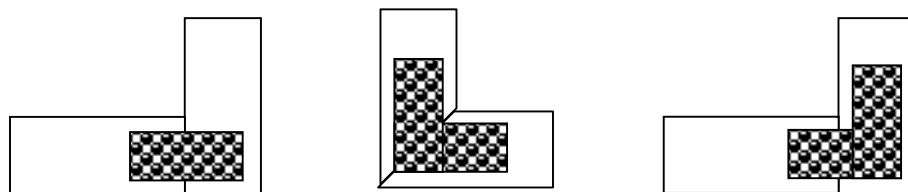
Podría completarse la unión por medio de encoladura e incluso, si los conectores fueran un poco gruesos, incorporar un alma de lámina de corcho e incluso tela de corcho. Nos referimos a lo siguiente:



Estos sistemas de conectores podrían resultar un sistema de unión ultrarrápido ya que no harían falta tornillos y las uniones no se moverían.

Los conectores deberían ir taladrados para permitir el paso de la cola.

En el tercer caso los listones deben estar traslapados para que los ensamblajes sean más resistentes.



Para su construcción necesitaremos una escuadra de montaje que sujete los listones; no hacen falta torniquetes porque no es necesaria la presión lateral para producir la unión. Pueden golpearse los listones junto con el conector para realizar el montaje, pero es más ortodoxo el uso de alguna herramienta de presión.

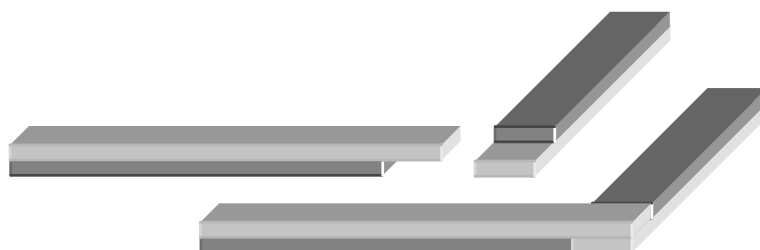
- **Listones traslapados.**

Aunque los ubiquemos aquí también es posible realizarlos con listoncillos de madera natural.

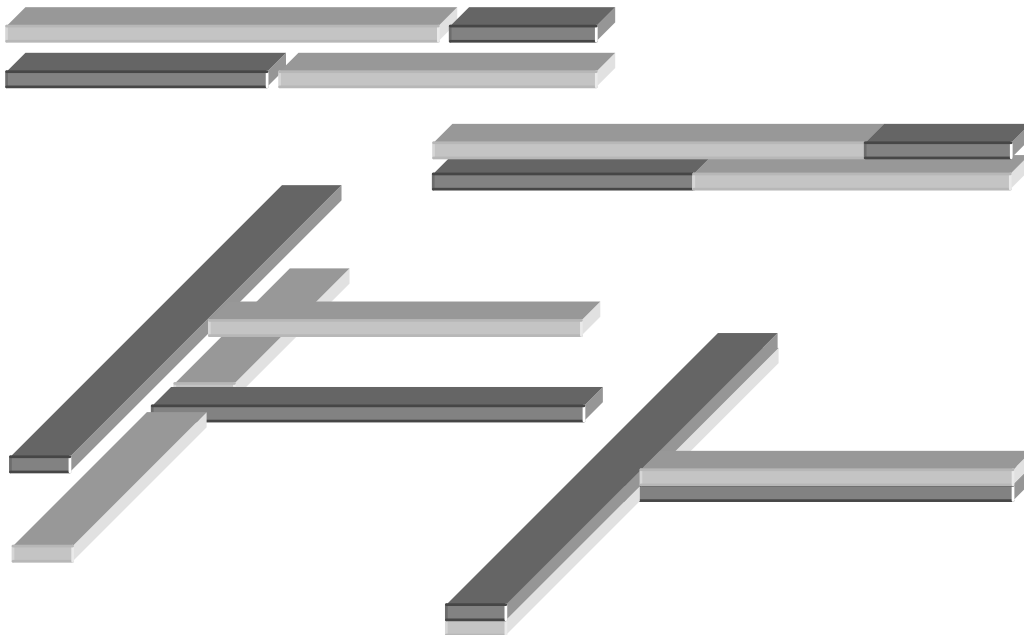
Estos casos se realizan con dos capas de contrachapados pero dependiendo del grosor de los mismos pueden utilizarse más. Lo que debe conseguirse es estabilidad en el listón, que no sufra alabeos o distorsiones del tipo que sean. Lo importante es que las uniones de cada capa no coincidan con las uniones de las capas adyacentes. No deben debilitar ni los empalmes, ni los ensamblajes, ni los acoplamientos. Esto mismo es obligatorio observar en la fabricación de las vigas, por ejemplo, de madera laminada.

Es importante señalar la gran superficie de encolado que se genera entre los listones, lo que contribuye a su estabilidad.

En el primer caso se produce una unión a media madera en ángulo.

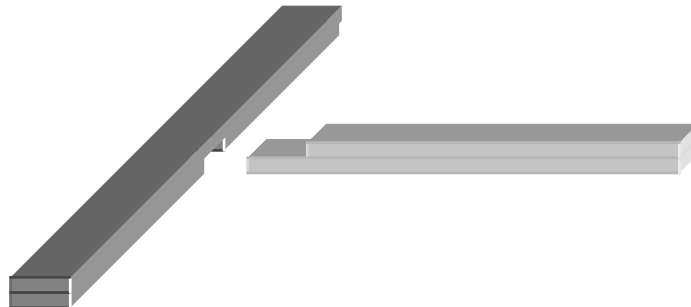


El segundo caso se trata de un empalme que produce un listón doble del grueso de los que los forman.



El tercer caso genera un ensamblaje medio.

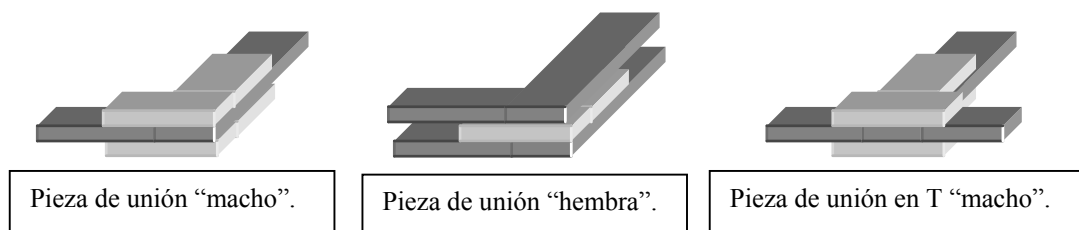
En este último caso, si se disponen así los listones se produce un ensamblaje medio a media madera.



Para los ensamblajes de esquina podemos optar por realizarlos con el propio listón o incorporar un tercer elemento de unión. El tipo de ensamblaje variará con la cantidad de listoncillos utilizados (o tableros contrachapados, en el caso de que se fabrique con ellos).

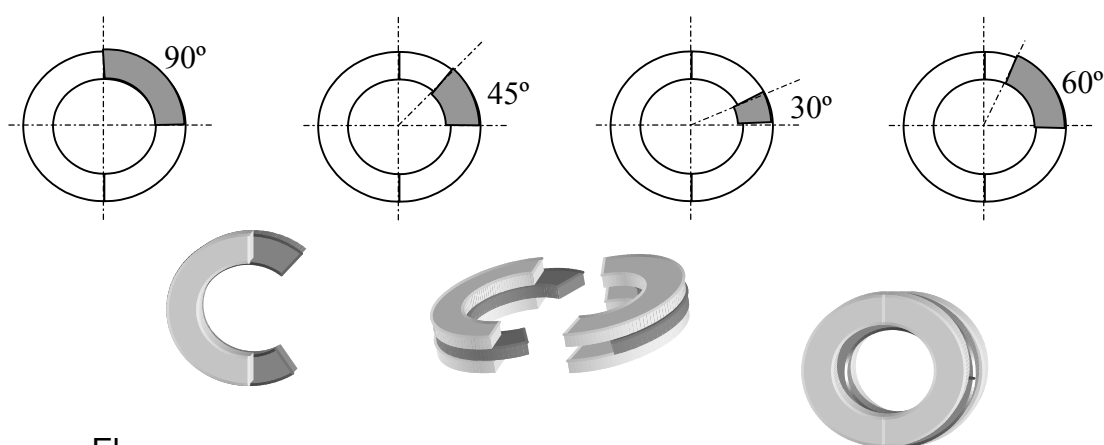


Utilizando, por ejemplo, tres listoncillos generamos, entre otras, algunas sencillas soluciones:<sup>2060</sup>



Otra posibilidad con este sistema "traslapado" es la fabricación de bastidores curvos.

Sólo tenemos que fabricar un módulo y repetirlo hasta que cierre el perímetro. De esta manera pueden obtenerse bastidores con forma circular, oval, elíptica, irregular, combinados con listones rectos, etc.



El

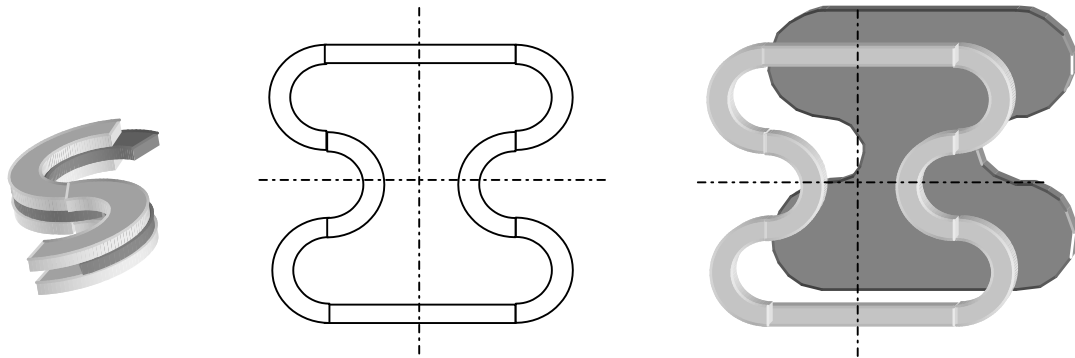
siguiente dibujo trata de un bastidor combinado: formado por listones rectos y curvos (semicircunferencia).



En el siguiente caso obtenemos un bastidor simétrico respecto de los ejes horizontal y vertical, de formas sinuosas. Podríamos complicar su forma todo lo que quisiéramos combinando listones con todo tipo de ángulos.

<sup>2060</sup> Faltan la unión en "T" hembra y las uniones en cruz macho y hembra. Estas muestras son suficientes para hacerse una idea completa de las piezas.

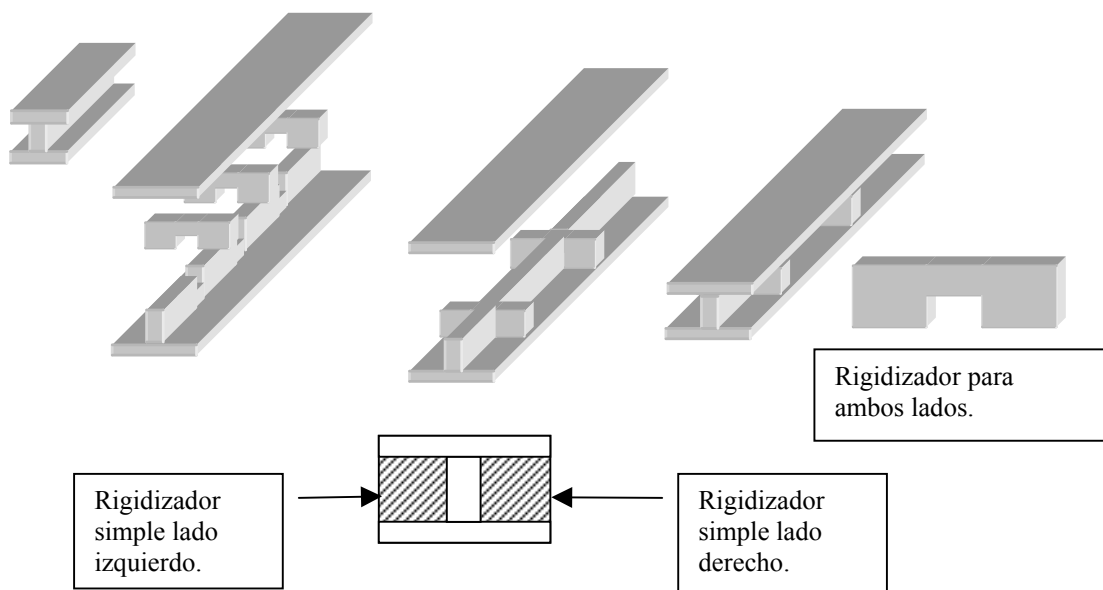
Nótese que en el caso que presentamos sólo se han utilizado dos tipos de listones.



Si fuera necesario, podría incorporársele todo tipo de largueros y peinazos. Debemos prever esta necesidad cuando diseñemos nuestro bastidor.

Asimismo puede haber problemas para conectar piezas que tienen ciertos ángulos entre sí, para ello podemos crear pequeños adaptadores hechos de la misma manera que los listones y así poder generar todas las curvas y contra curvas posibles.

- **Rigidizadores para listones con perfil de doble “T”.**

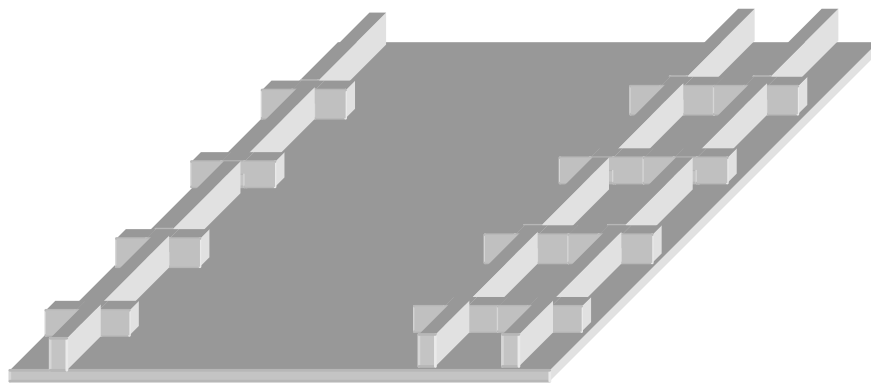


Podemos utilizar adhesivos de cianoacrilato par unir rápidamente los rigidizadores de borde simples al alma del listón, ya que puede haber problemas de encolado si los cortes no son precisos.

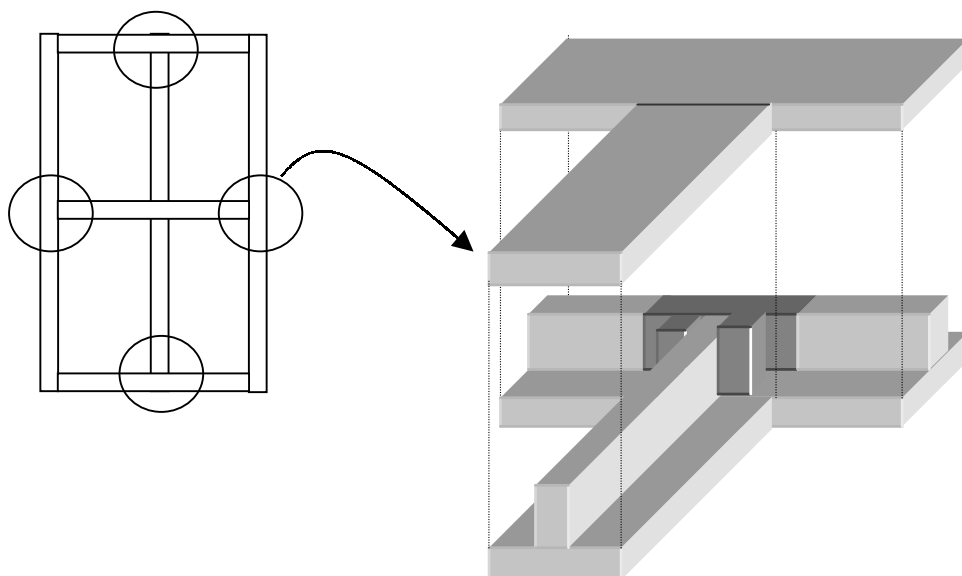
Para construir los rigidizadores de ambos lados podemos usar el tablero Refort o celosías de canto o simplemente hacer en el alma del listón las entalladuras correspondientes.

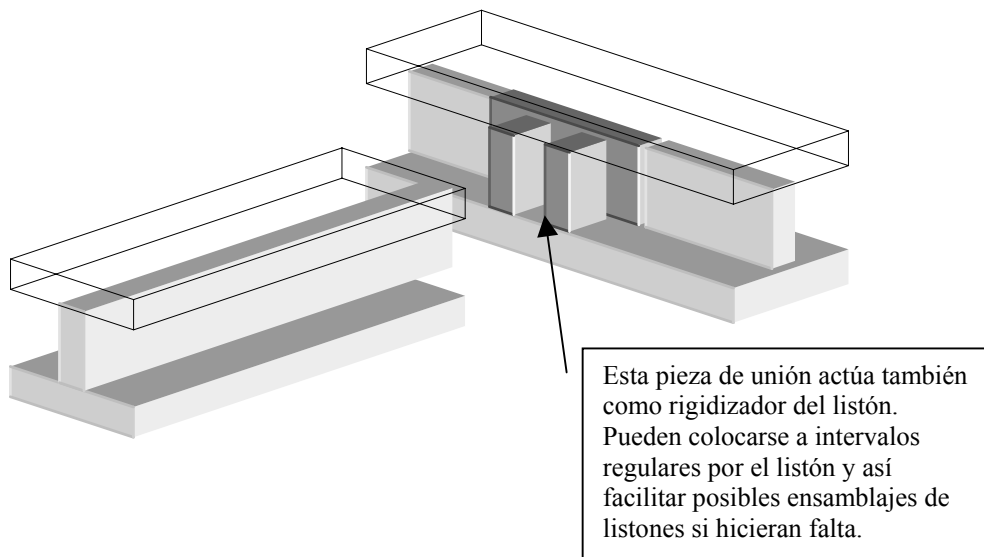
Estos sistemas para ambos lados es evidentemente el más sencillo de encolar y de los más seguros.

También podemos utilizar este tipo de rigidizador formando tiras como si fueran listones. No es un listón demasiado interesante ya que alabea fácilmente. Podría verse reforzado utilizando dos tiras longitudinales en vez de una.



- **Rigidizadores-ensambladores para listones con perfil de doble "T".**

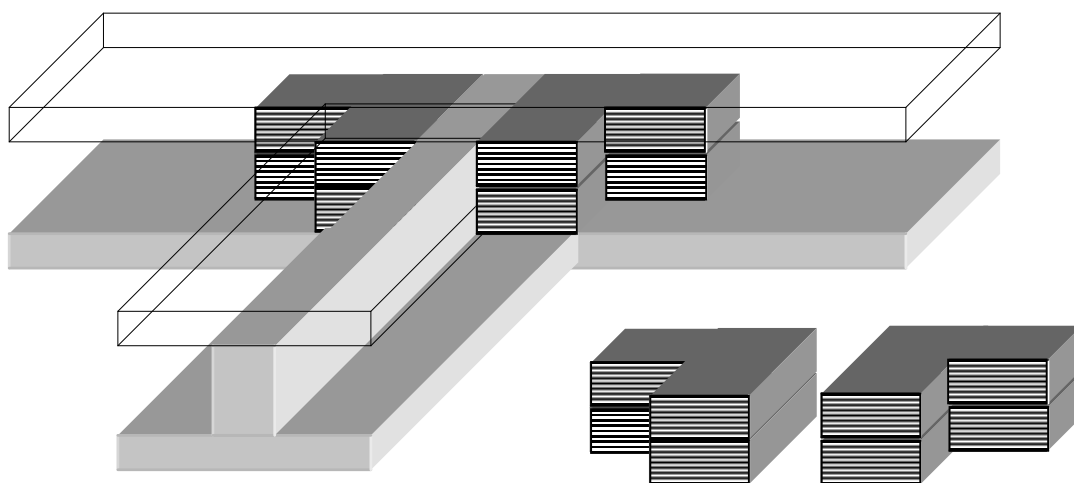




Si estos rigidizadores se colocaran en un solo lado seguramente habría problemas de estabilidad de las alas.

No hace falta que los rigidizadores sean muy complicados, pueden utilizarse trozos de listón o pequeños tacos como tal, siempre y cuando cumplan su misión.

Otra posibilidad es la de realizar estos rigidizadores en forma de “L” y por el encolado de contrachapados.

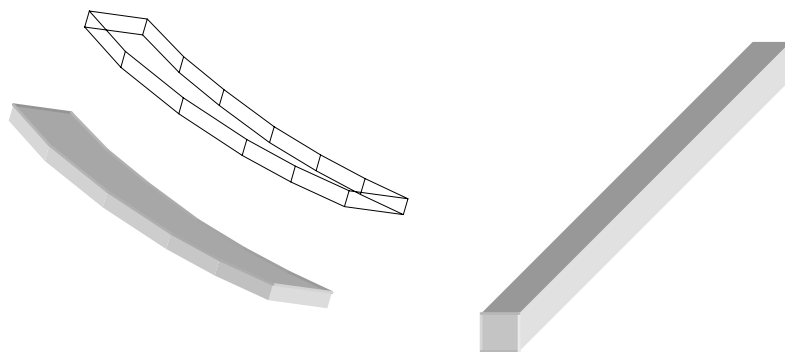


#### 11.2.1.2.2 Listones macizos formados a partir de listoncillos de madera natural

Habitualmente en BB. AA. se suelen utilizar listones de 60 x 20 mm para construir los bastidores de los soportes. También suele utilizarse la madera de samba o el pino para tal fin.

Si la densidad de las maderas utilizadas fuera, por ejemplo, 0,6, se podría sustituir por un listón de una especie con más densidad y así podríamos, manteniendo un peso parecido, reducir las escuadrías de los listones, si ello nos interesara.

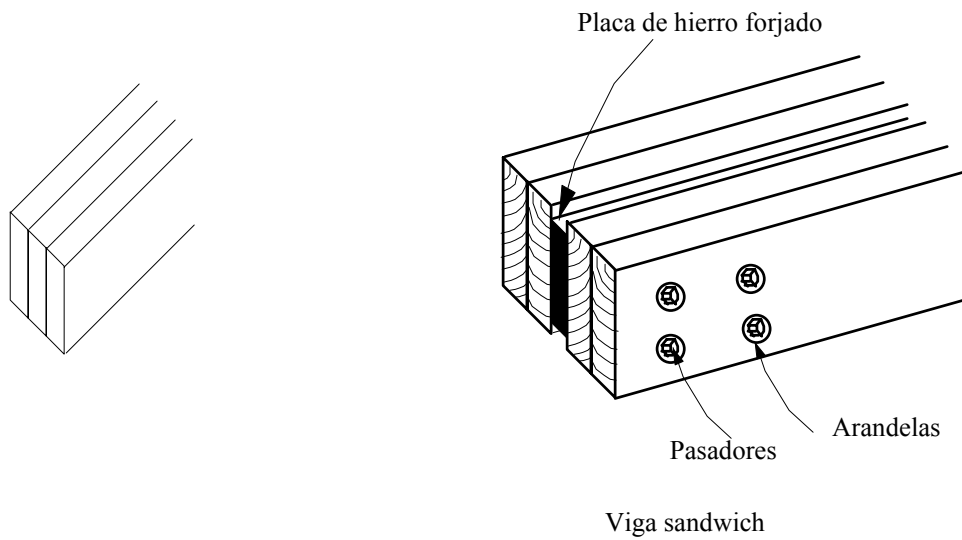
Los bastidores de sección cuadrada pueden utilizarse para prevenir pandeos, aumentando para ello la escuadría del listón. Esto supone un mayor peso y un perfil más grueso de nuestra obra. Si todo ello no nos importa es una sencilla solución, siempre y cuando los listones elegidos sean de buena calidad (exentos de nudos, fendas, etc.)



El siguiente tipo de listón es reflejo de la unión encolada de tablas por sus caras (o tabla) usada para fabricar madera laminada o de cierto tipo de vigas compuestas denominadas “vigas sándwich”<sup>2061</sup>. Como a nosotros, por ahora, no nos interesa que nuestro listón tenga demasiada flexibilidad colocaremos los listoncillos en sentido vertical para que sea más resistente al pandeo.

---

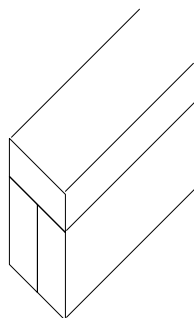
<sup>2061</sup> R. E. Putnam y G. E. Carlson, op. cit.



Pero si le incorporamos una o dos tiras, paralelas entre sí, y perpendiculares a las ya encoladas, obtenemos un listón, viga, etc. mucho más resistente al pandeo.

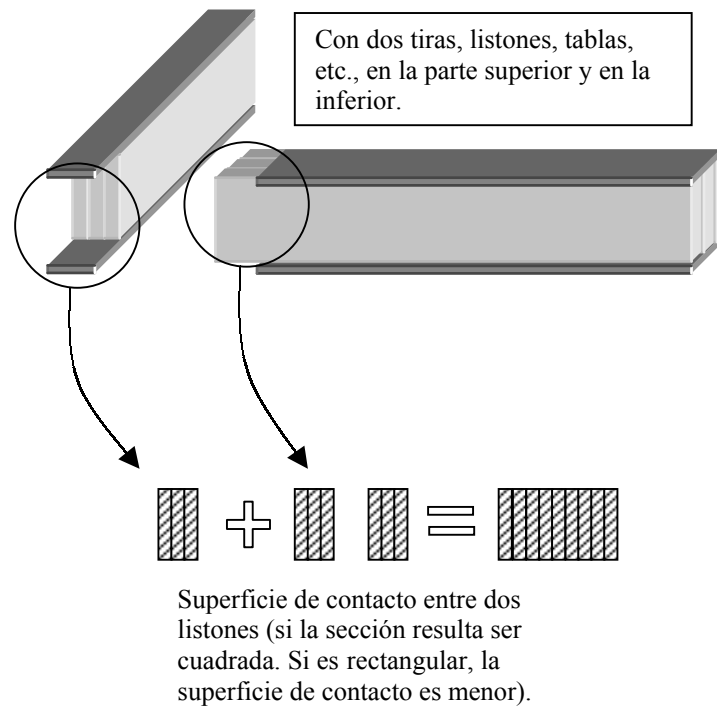


Listón formado por cuatro listoncillos paralelos, por sus caras, dos a dos.

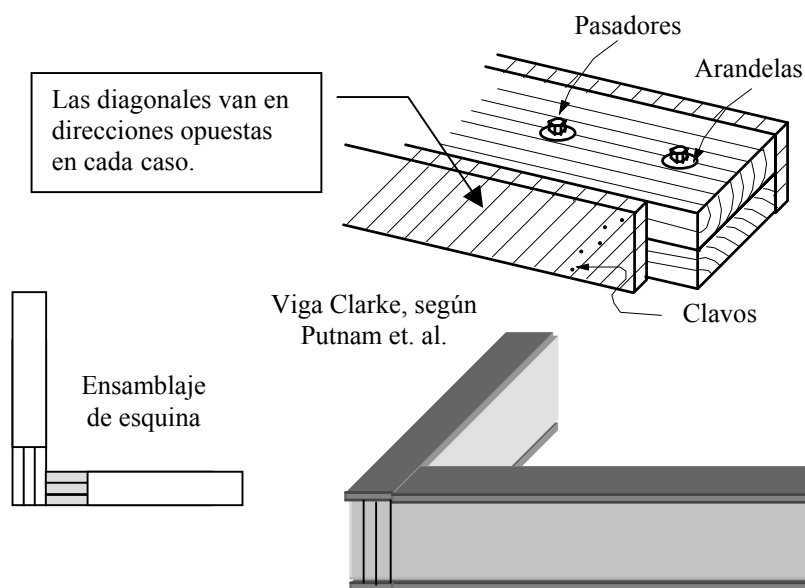


Con una tira, listón, tabla, etc., en la parte superior.

En la construcción con madera se empleó mucho el sistema denominado *duplicación*, que consistía en algo parecido a esto y es la utilización de dos elementos estructurales unidos entre sí con clavos para proporcionar mayor resistencia. Esto era muy utilizado en pies derechos y viguetas.



Esta posibilidad ha sido muy utilizada en la construcción con la denominación de “Viga Clarke”, pero incorpora pernos, clavos, etc.<sup>2062</sup>

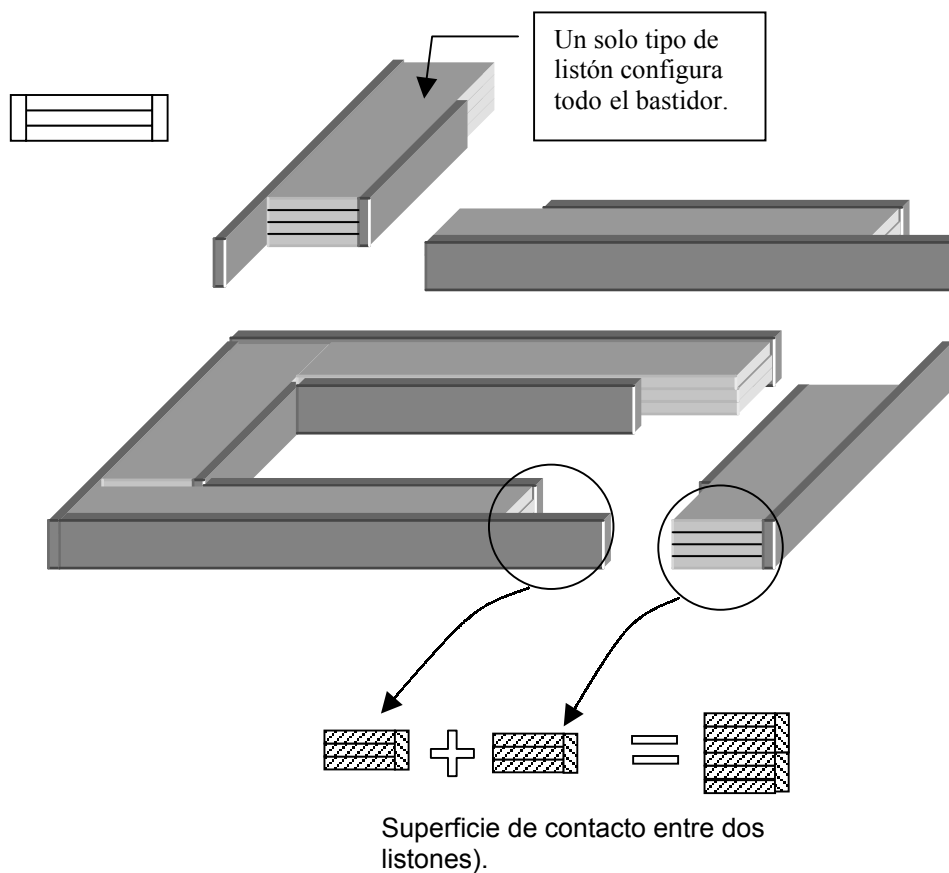


<sup>2062</sup> Para más información vid., R. E. Putnam y, G. E. Carlson, op. cit.

Su disposición es idéntica a la utilizada para los listones realizados con contrachapados.

En la fabricación de algunas tablas de snowboard se utilizan sistemas parecidos de madera laminada pero cubierta por laminados de fibra de vidrio.

Puede tener una orientación horizontal pero el peligro de flexión y alabeo es mayor. Esta orientación es la usada en la construcción de estructuras (en la madera laminada), en la construcción de aeromodelos (largueros de contrachapado), etc.

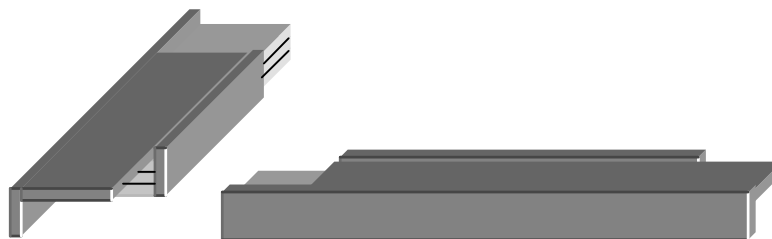


Traslapando los listones internos obtenemos otra posibilidad mucho más segura al aumentar la superficie de encolado.





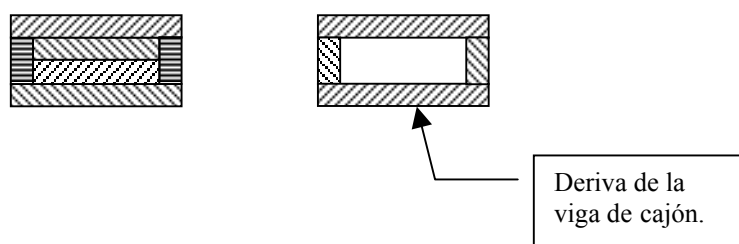
Podemos dar más resistencia al bastidor si jugamos también con los contrachapados superior e inferior, prolongándolos y reduciéndolos para que se entrelacen y la unión sea más íntima.



Aquí la superficie de contacto aumenta al mover de su posición al contrachapado superior.

Con un poco de imaginación podríamos obtener muchas más combinaciones aceptables.

Otras opciones con una disposición más segura:



#### **11.2.1.2.3 Listones macizos formados a partir de madera natural ranurada o listones estriados.**

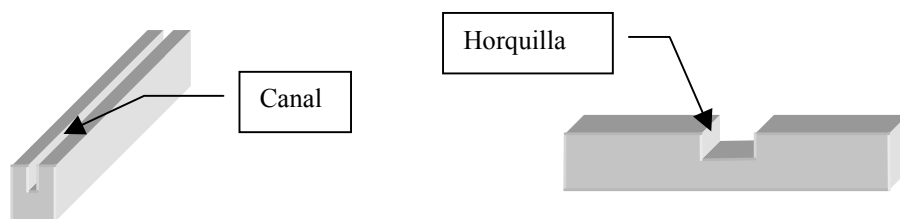
El encolado directo de tableros (contrachapados) de poco grosor a bastidores evitan alabeos de los tableros pero no ofrecen las suficientes garantías. Este tipo de tableros son los denominados “de marco y plafón” y se destinaban a sitios donde se pudieran atornillar o permanecer fijos, pero nunca los destinaban, por ejemplo, a la construcción de puertas.<sup>2063</sup> La construcción de una puerta es lo más cercano a nuestros soportes (en relación con el mobiliario) ya que, en el caso de las puertas, estas permanecen sujetas a la pared por uno de sus lados solamente. Nosotros normalmente no sujetamos a nuestros tableros, que permanecen planos por

<sup>2063</sup> Para más información vid. F. Spannagel, op. cit., pág. 169.

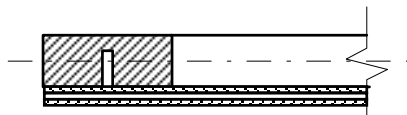
sí mismos y gracias al diseño más o menos afortunado de la estructura de su bastidor o refuerzos empleados.

Tradicionalmente se construían los bastidores o “marcos” de distintos tipos de pino, estrechos y se le practicaban unas ranuras longitudinalmente con una sierra circular para que los listones no transmitieran sus movimientos a los tableros que a ellos se encolaban.

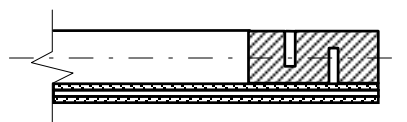
La ranura con un sentido longitudinal y paralelo al borde recibe el nombre *canal*. Cuando tiene un sentido transversal y es tan ancha como el propio listón recibe el nombre de *horquilla*, siendo muy utilizada en ensamblajes entre listones.



Ranura que puede practicarse en los bastidores normalmente utilizados en BB. AA.

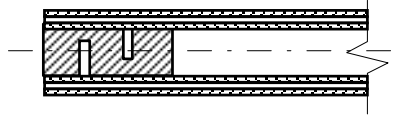


Pero si la anchura de los mismos es superior pueden hacerse dos o más ranuras que compensen los movimientos.

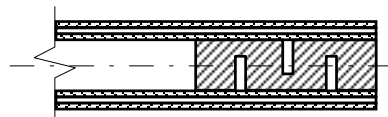


Si se trata de ofrecer mayor seguridad en cuanto a alabeos debemos optar por la incorporación, en la trasera, de un tablero de idénticas características para así compensar los posibles movimientos que pudieran originarse. Asimismo, este segundo tablero compensa por ese lado la humedad incorporada por el otro lado al encolar el tablero al bastidor.

De esta manera tenemos un soporte simétrico en su configuración. Situación, por otro lado, más coherente con el concepto de soporte pictórico seguro.



Igualmente, si el listón posee un grosor superior, deben practicarse tantas ranuras como sean necesarias, pero siempre alternándose en las caras del listón para ir equilibrando los posibles movimientos.



Estas ranuras cumplen otra función accesoria para la que no fueron diseñadas y es que también aligeran peso de los soportes.

No generan problemas de ejecución. Tampoco a niveles estéticos ni prácticos.

En este tipo de configuración pueden aparecer problemas:

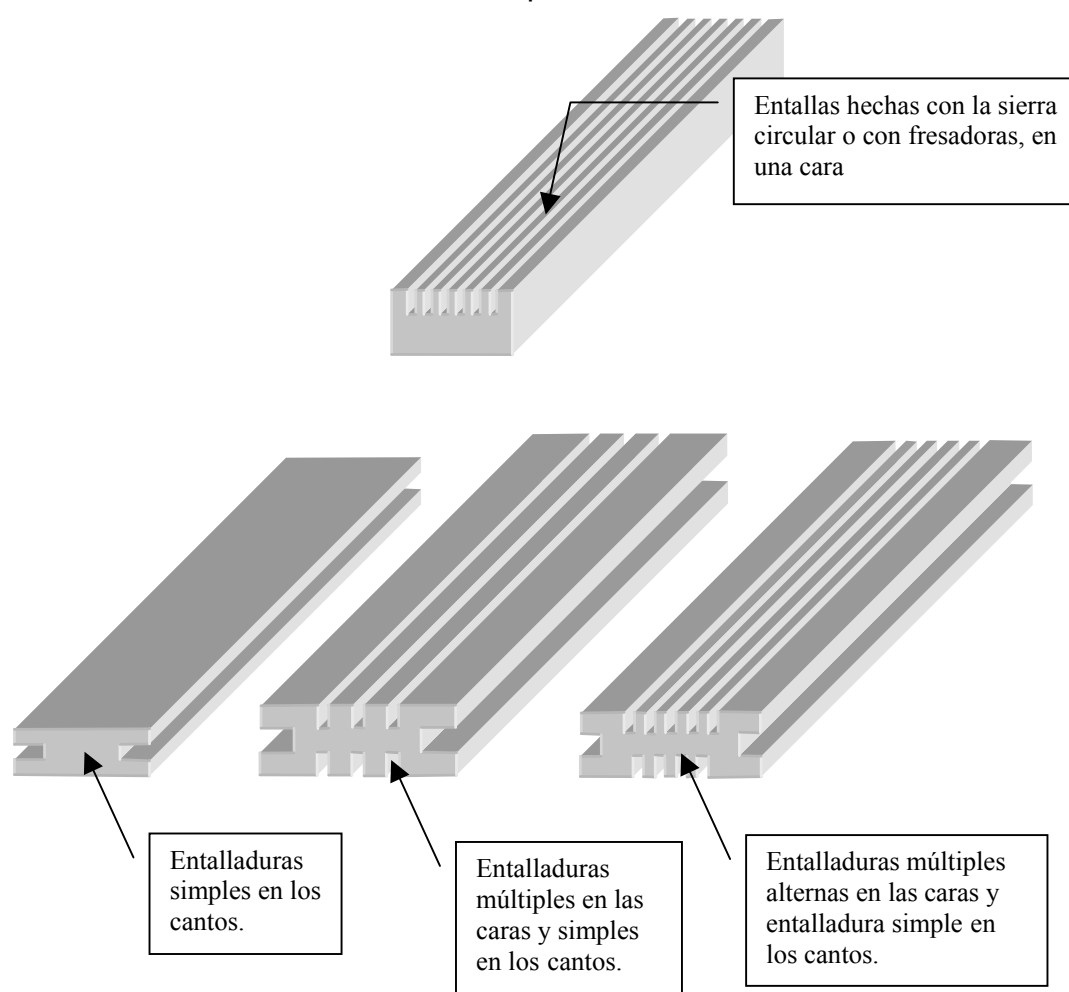
- Hundimiento de los paramentos o paneles por la inexistencia de peinazos o largueros intermedios. La solución está en colocarlos a distancias regulares en función del grosor del tablero, cuanto más delgado, más peinazos y largueros necesita, pues las distancias entre éstos han de ser más cortas.
- Otro problema es que se evidencie el bastidor si el tablero es igualmente de reducido espesor. Spannagel propone una sencilla solución: «para evitar que el marco se transparente o, por lo menos disimularlo, conviene que no se encole todo el marco hasta su borde interno, así tampoco es procedente

encolar en toda su anchura un listón o peinazo. También es aconsejable arromar los cantos interiores del marco. »<sup>2064</sup>

Es evidente que estas medidas no serán necesarias si trabajamos con tableros mucho más gruesos. El único problema es que aumentamos el peso del soporte.

Ahondando en el concepto de aligerar tensiones y peso por medio de ranuras, podemos optar por las siguientes posibilidades:

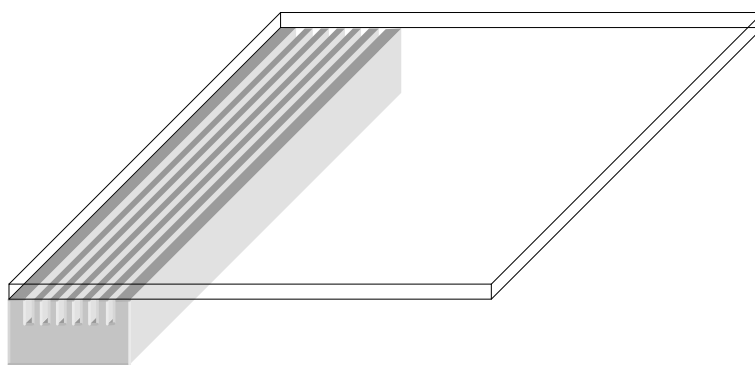
Bastidor con ranuras en la cara que está en contacto con el tablero.



Al tener las ranuras esta disposición, se utiliza menos adhesivo y, por lo tanto, (si la cola contiene agua) se producirá menos absorción de agua y por ello menor posibilidad de movimientos higroscópicos violentos, ya que la superficie de contacto del bastidor es mucho menor.

<sup>2064</sup> F. Spannagel, op. cit., pág. 169.

Asimismo se aligera peso.



Su fabricación es sencilla, basta con hacer pasar los listones por la sierra circular y generar la/s ranura/s con la profundidad deseada. Existe la posibilidad de rellenar dichas ranuras con espumas sintéticas o cocho si se desea.

En el caso de la espuma se inyecta, y en el caso del corcho se ajusta la ranura al grosor de la lámina de corcho. Luego se corta a medida y se encola.

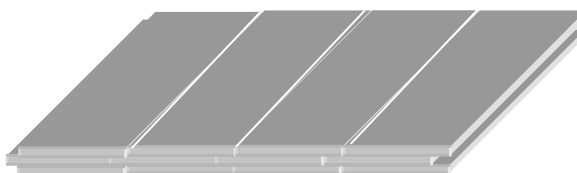
#### **11.2.1.2.4 Listones macizos formados a partir de madera microlaminada y tablero a la veta.**

Se pueden realizar las mismas experiencias que con el tablero contrachapado o que con la madera natural, ya que la disposición de la fibra sigue la misma dirección que la de la madera natural.

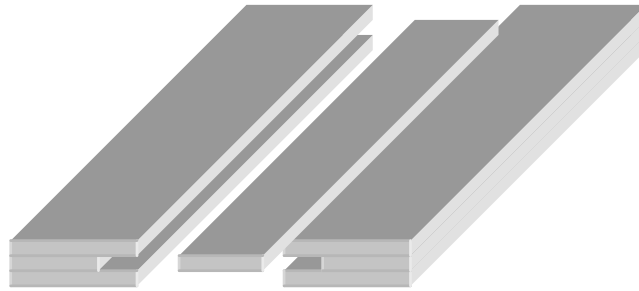
Aprovechamiento del potencial de las láminas para facilitar los ensamblajes de los listones a la hora de realizar un bastidor.

La precaución que hay que tener es que este tipo de materiales poseen una gran flexibilidad, cuestión esta que dificulta su adaptación a la hora de realizar soportes seguros. El hecho de utilizarlos de canto mejora sensiblemente su adaptación a nuestros soportes.

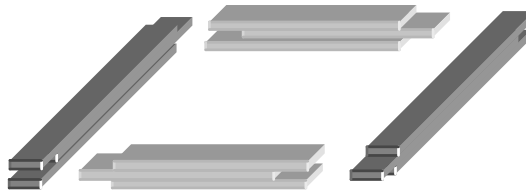
También es sencillo formar con ellos tableros utilizando el sistema de machihembrado.



Este otro sistema de formación de tableros facilita el acoplamiento por lambeta.



En cuanto a los bastidores, pueden realizarse ensamblajes bastante seguros y fácilmente ya que se trabaja como si de madera natural o contrachapado se tratara.



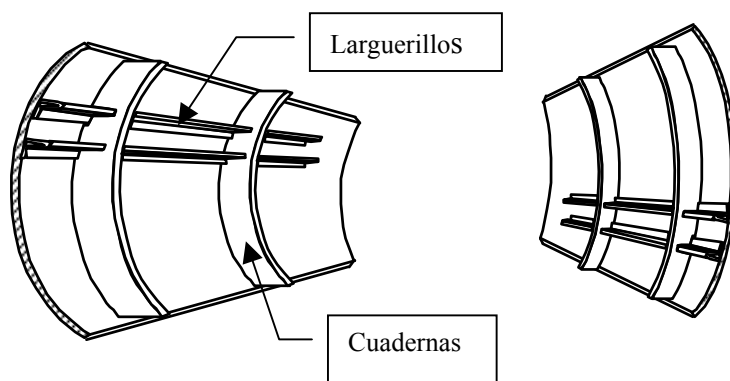
#### **11.2.1.3 Listones fabricados a partir de perfiles (listones perfilados o preelaborados) y molduras ya comercializados.**

Soluciones similares podemos descubrir en aeronáutica en las construcciones convencionales de revestimiento resistente del fuselaje, por ejemplo, en las que a la superficie de la chapa se le incorporan elementos longitudinales (larguerillos) con distintos tipos de secciones y elementos transversales denominados “cuadernas”. Todos estos elementos dan rigidez al “tubo” que define al fuselaje.

De hecho, sea cual fuere el tamaño del avión, las cuadernas del fuselaje están siempre separadas unas 20 pulgadas (500 mm.) y tienen unas secciones rectas de una profundidad entre 7 y 15 cm. Esto significa que los aviones grandes tienen muchos elementos estructurales y los pequeños pocos. Esta situación no es de ninguna manera lo que uno podría suponer; y si aumentamos la escala de una estructura pequeña para hacer una grande, daría un resultado extraño; si reducimos de grande a pequeña, existen más posibilidades, comparando los pequeños espacios resultantes entre cuadernas y larguerillos

con los núcleos centrales de los materiales compuestos que siguen (estructuras sandwich).<sup>2065</sup>

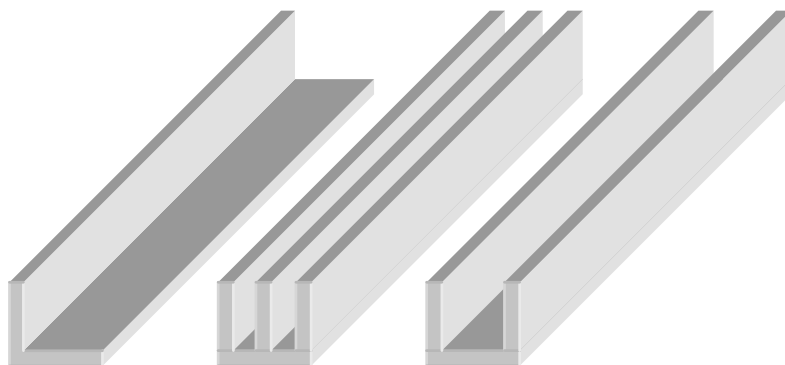
Si fuéramos a hacer un bastidor curvo podríamos optar por las mismas soluciones utilizadas a la hora de confeccionar un fuselaje (salvando las evidentes distancias).



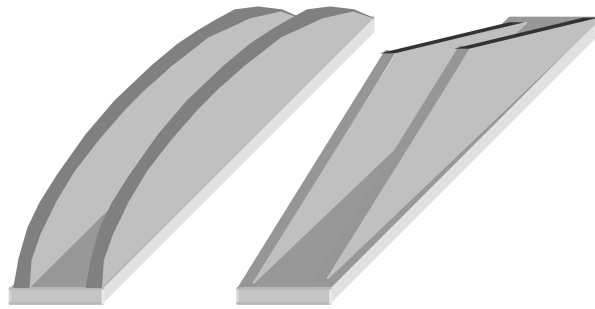
Algunos de los distintos tipos de perfiles utilizados para construir estos refuerzos (cuadernas y larguerillos) podrían perfectamente ser utilizados en nuestros soportes dadas las grandes posibilidades de torsión que poseen los contrachapados, principalmente.

Las distancias entre largueros y peinazos en nuestros bastidores ya vimos que, según el grosor del tablero, rondaban esa cifra: oscilan entre 40, 50 y 60 cm de distancia.

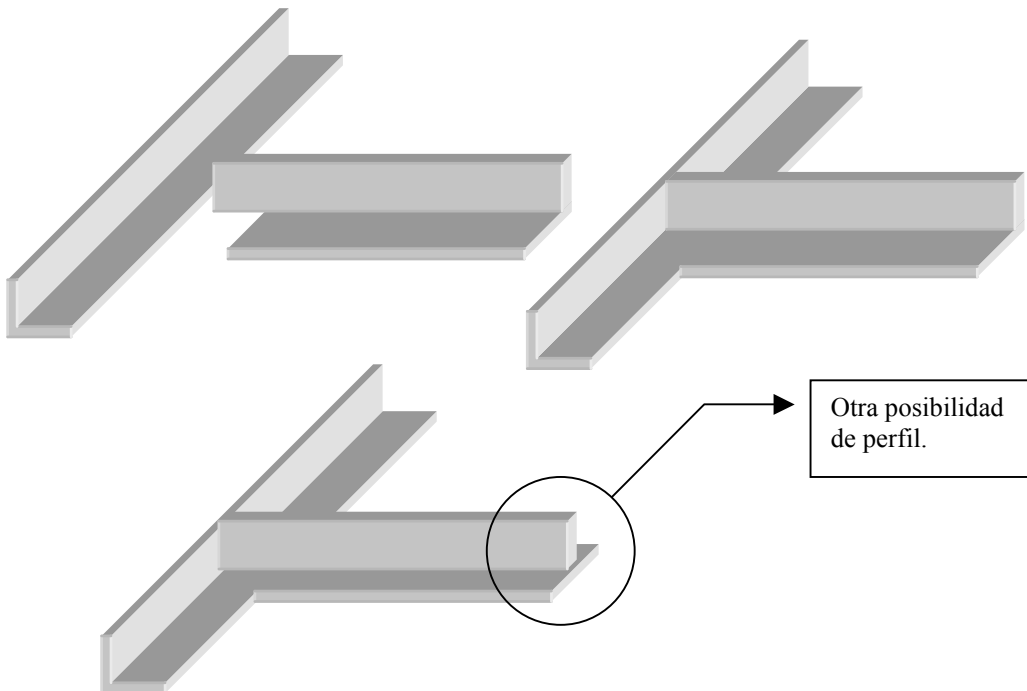
A todas las posibilidades siguientes pueden practicárseles taladros de todo tipo para aligerar peso.



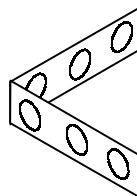
<sup>2065</sup> Cuttler, op. cit., pág. 20.



#### 11.2.1.3.1 Perfil en “L”o perfil angular.



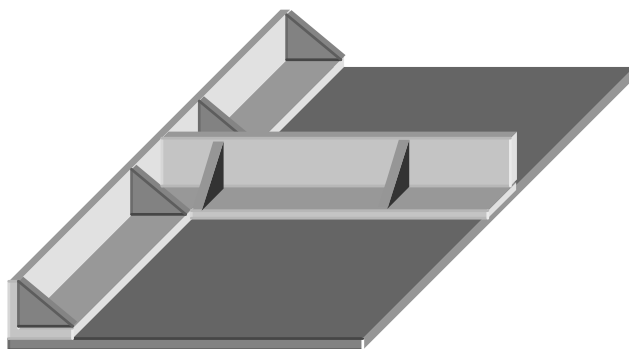
Las uniones pueden reforzarse con escuadras metálicas de configuración vertical (escuadras de máquina).



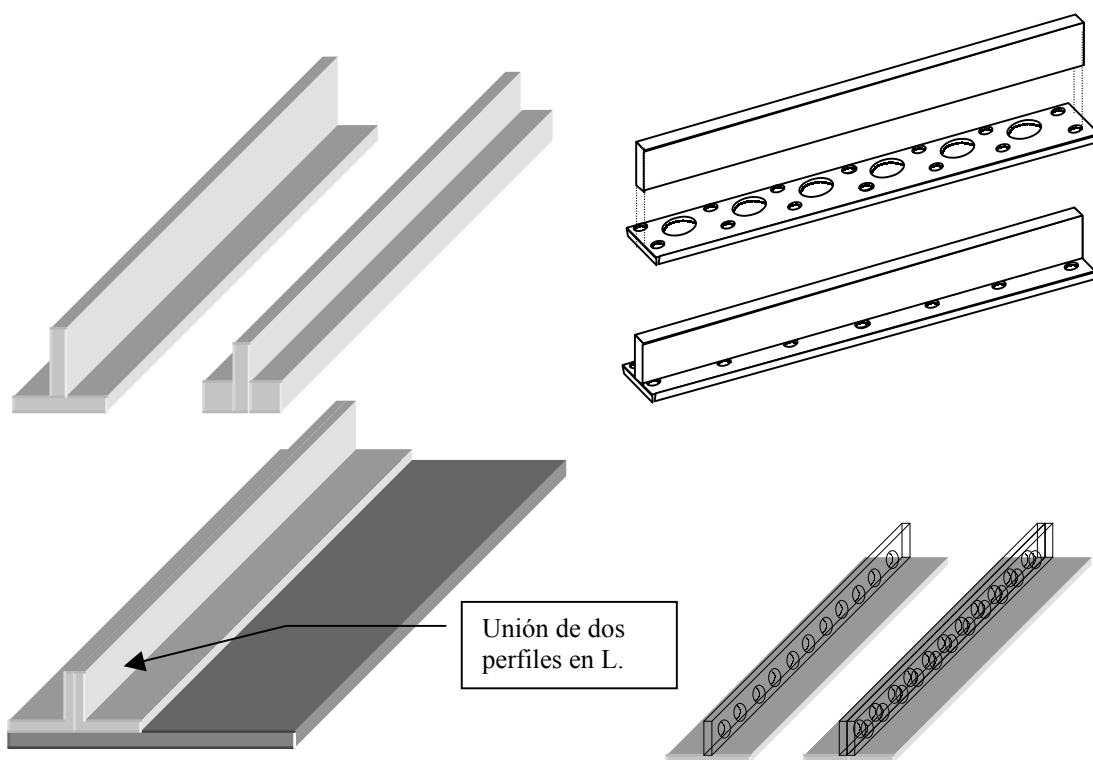
#### - Perfil angular con contrafuertes.

Basado en los muros de contención con esa forma. En realidad se trata de rigidizadores triangulares.





- **Perfil en “T invertida”.**



Estas posibilidades sólo se encuentran realizadas con madera maciza. Es posible encontrarlas hechas con madera microlaminada y con contrachapados pero formando objetos que se comercializan así: asas de cajones, perchas, escuadras para baldas, etc.

Con la maquinaria adecuada es posible, hoy en día, fabricar listones, perfiles, cercos, etc., prácticamente con cualquier forma que queramos.

## 11.2.1.4 Listones taladrados.

### 11.2.1.4.1 Listones con taladros pasantes.

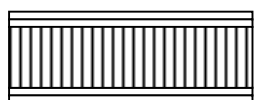
Al realizar los taladros estamos aligerando peso en el soporte.

Pueden utilizarse, para este fin, listones para el bastidor, hechos de tableros de alma enlistonada, siempre que los listones que conforman el alma tengan la orientación apropiada.

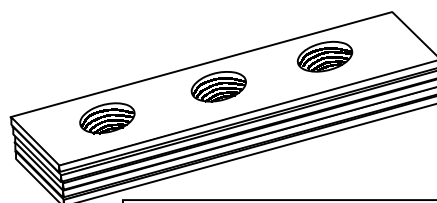
Se pueden hacer todas las variantes hechas con los listones de madera maciza:

comparando precio,  
peso, estética...

Posibilidad de  
sustituir el  
contrachapado por  
chapas en todos los listones (o en algunos.)

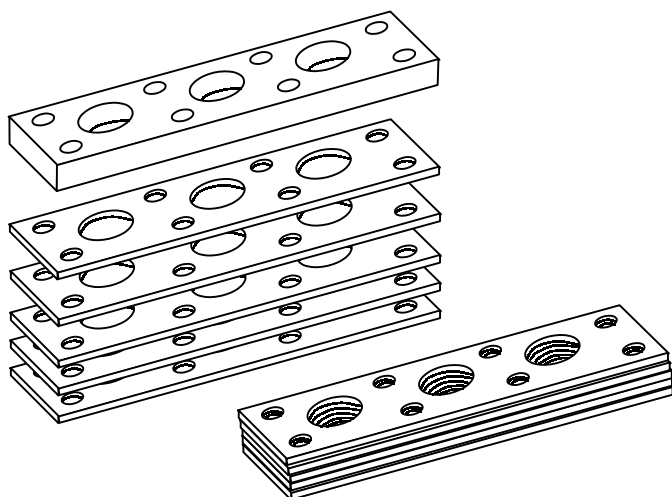
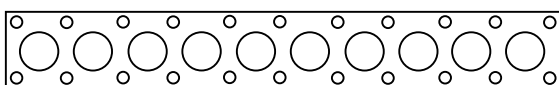


Listón de tablero de alma enlistonada.



Listón de contrachapado, madera microlaminada, tablero laminado, etc.

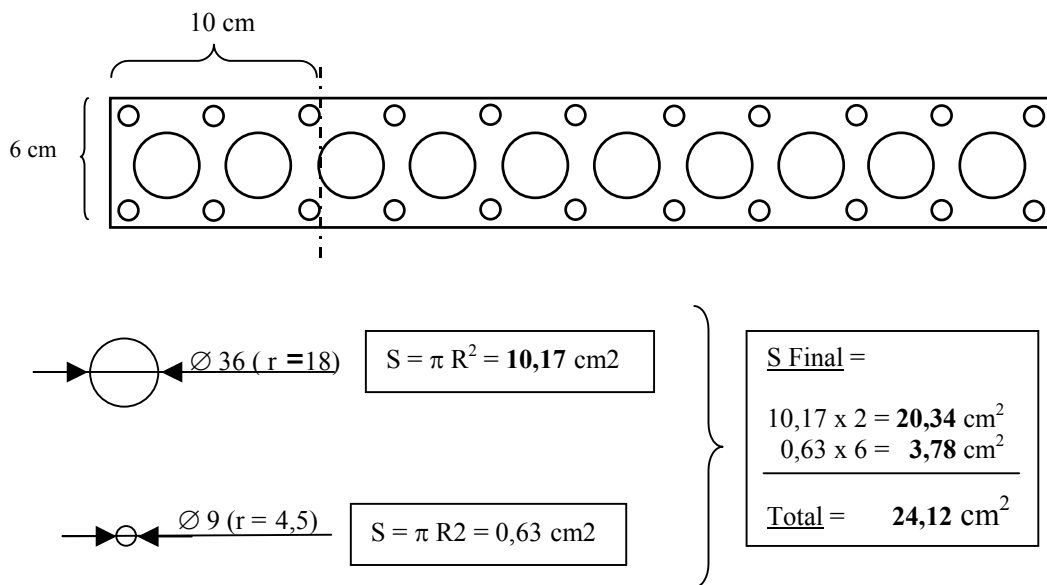
Listones formados por varios contrachapados con taladros de diferentes diseños. También pueden ser de madera laminada taladrada.



Viga taladrada de las usadas en la construcción. De la gran resistencia y ligereza de este material nos hacemos eco para construir nuestros listones ligeros.

Los listones también pueden estar formados por madera maciza, simplemente taladrada.

Podemos realizar un sencillo cálculo para determinar el porcentaje en peso que nos ahorraremos a la hora de realizar los taladros. El peso final del listón va a depender, además de los taladros practicados, de la densidad de la madera utilizada, como ya sabemos. De esta manera ajustaremos el tipo de especie a los requerimientos de nuestro soporte y las condiciones a las que va a estar expuesto.



Una circunferencia de 11,25 mm de diámetro posee una superficie aproximada de  $1 \text{ cm}^2$ .

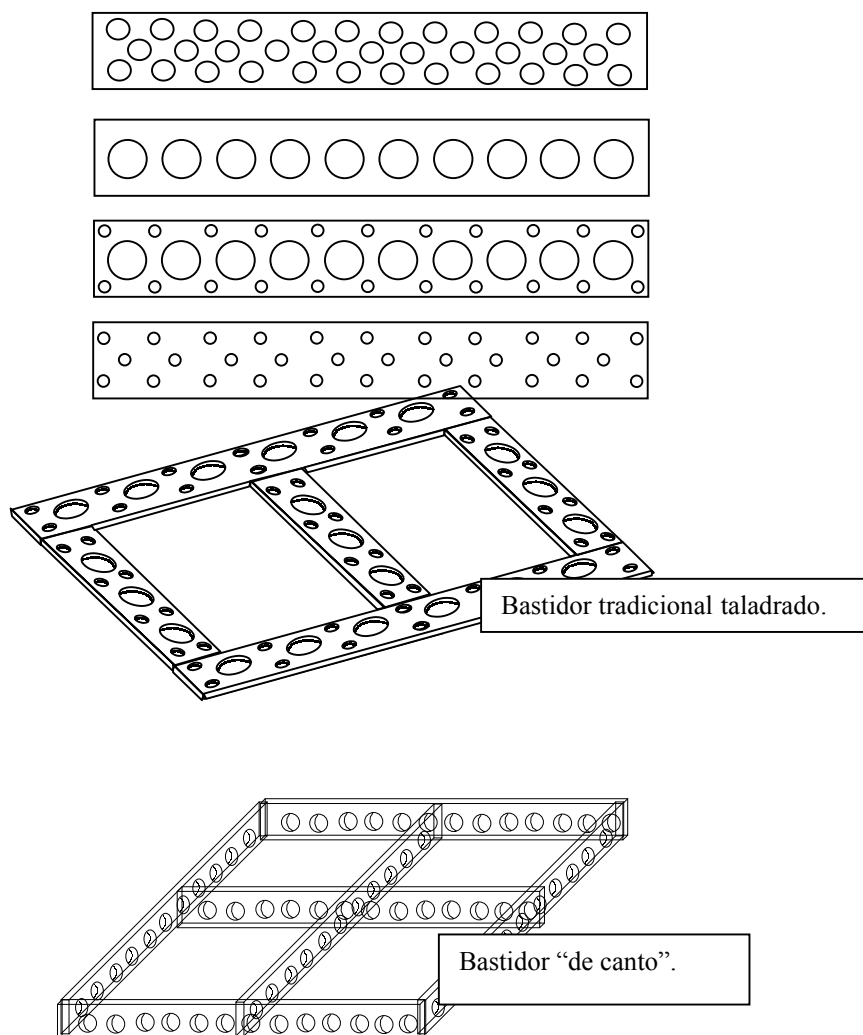
Con los datos obtenidos anteriormente podemos establecer una sencilla regla de tres:

$60 \text{ cm}^2$ (ocupados por el rectángulo marcado arriba) — 100%	}	X = 40,2 % de superficie ocupada por los taladros.
$24,12 \text{ cm}^2$ (ocupados por los taladros) — X		

Es decir, que con la anterior disposición de los taladros, obtenemos un listón con un 40% menos de masa, que significa una considerable disminución del peso total. Si queremos saber cuanto supone eso en peso sólo tenemos que conocer la densidad de la madera que estamos utilizando,

consultando las tablas de densidades que hay, por ejemplo, en las normas UNE.

Cualquiera de estas u otras disposiciones de los taladros es viable.



Estos casos presentan un problema y es que con los taladros se produce una mayor superficie de listón expuesta a los cambios de humedad y temperatura. Esta disposición acarrea mayor absorción de agua porque hay más células rotas por la que penetrar la humedad. Para paliar este problema pueden sellarse con pinturas y aparejos preferiblemente. Barnices y lasures si las condiciones de humedad lo permiten. También puede protegerse inicialmente encolando chapas o contrachapados de escaso grosor, como veremos más adelante.

Estos sistemas tienen la ventaja de que al haber menos cantidad de materia necesitan menos cola, y ya que habitualmente contienen agua, al necesitar menos estaremos introduciendo menos agua en los soportes, con menor riesgo de alabeos innecesarios.

Podemos considerar a los taladros como si fueran nudos en listones de madera natural y aplicar las normas UNE correspondientes en cuanto al debilitamiento del listón que suponen, aunque salvando las distancias ya que nuestros listones no van a tener que soportar las tensiones habituales que los listones empleados en la construcción, por ejemplo.

Podemos sumar las superficies de todos los orificios y establecer los agujeros máximos permitidos para no debilitar en exceso a los listones y/o a los tableros.

Otro tipo de listón. Las alas se forman con listones de cuadrado.



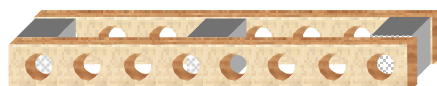
Alas de contrachapado y alma también pero perforada. Las alas podrían ir también perforadas.



Las perforaciones van haciéndose paulatinamente más grandes hacia los extremos del listón.



Podemos usar rigidizadores, de contrachapado en lugar de esos tacos de madera. Los pallets para transportar mercancías tienen este sistema.



#### 11.2.1.4.2 Listones con taladros ciegos.

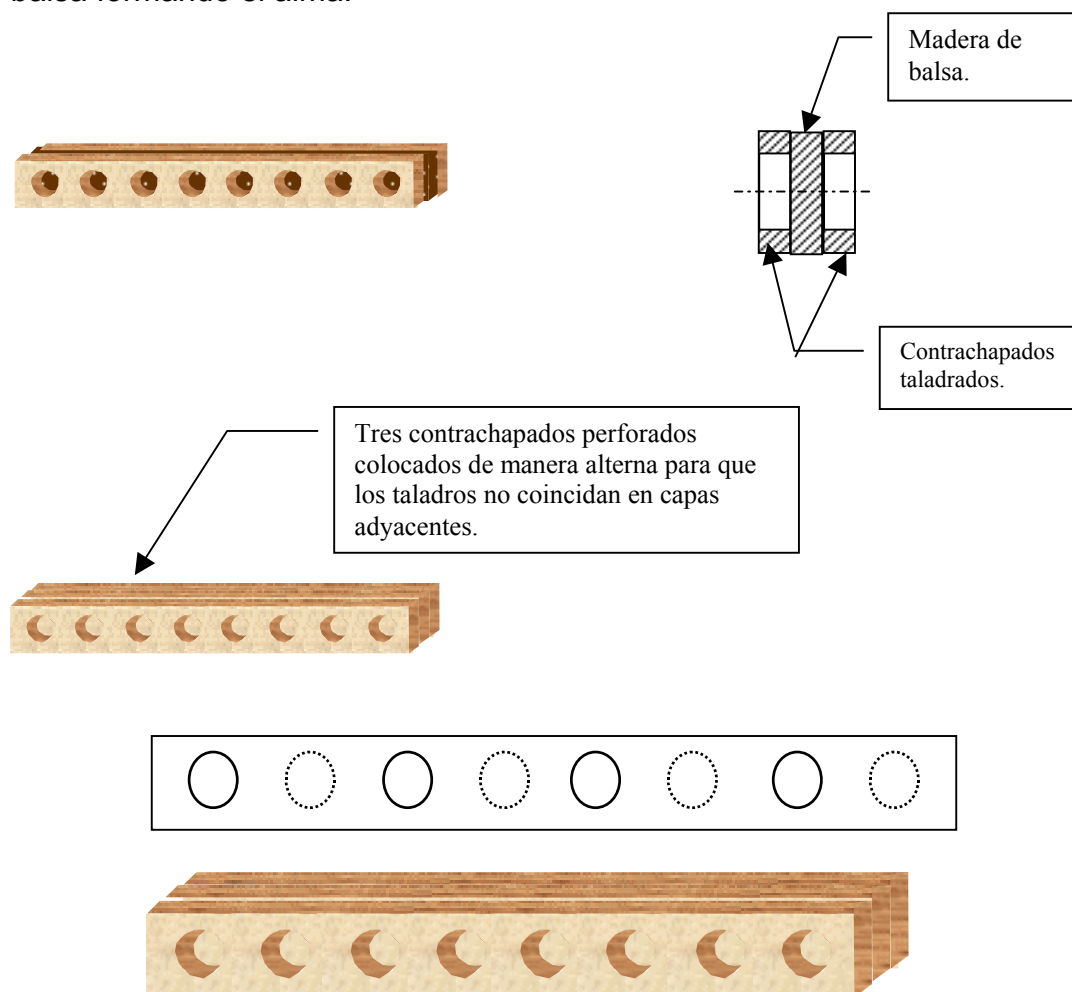
Listón con agujeros ciegos en una cara.



Listón con agujeros ciegos alternos a cara y cara.



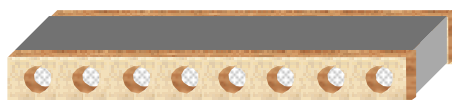
Listón compuesto por varios tableros contrachapados taladrados, como chapas de cara (en los formados por tres hojas) y por tiras de madera de balsa formando el alma.



De esta manera no pierde resistencia. Es algo parecido a lo que ocurre al preparar la madera laminada cuando se le quita un nudo a la madera original antes de hacer las chapas.

Listón mixto:

- Caras: De contrachapado perforado.
- Alma:
  - De espuma de poliestireno extrusionado o extruído (XPS).<sup>2066</sup>
    - Polifoam y Glascofoam.<sup>2067</sup>
    - “Styrodur® C” de BASF.<sup>2068</sup>
    - Semibat.<sup>2069</sup>
    - Aisladur.<sup>2070</sup>
    - Fina-X.<sup>2071</sup>
  - De espuma de poliestireno expandido (EPS).
    - Techopan planchas y Glascopor.<sup>2072</sup>
    - De Resopal.<sup>2073</sup>
  - De espuma de poliuretano.



<sup>2066</sup> Vid. Norma UNE 92115:1997, sobre especificaciones de productos de poliestireno extruído.

<sup>2067</sup> De Poliglas, S. A.

<sup>2068</sup> “Styrodur® C” está libre de hidrocarburos halogenados (CFC, CFC o HFC) no dañando la capa de ozono. Su agente expandente es dióxido de carbono. Es muy resistente a compresión.

<sup>2069</sup> Este poliestireno extruído, según sus hojas técnicas, está formado por una red de células cerradas que no deja ningún vacío entre ellas. Su volumen interno es aire. Por medio de la extrusión quedan recubiertos por algo parecido a una capa más compacta de décimas de milímetro que le hace ser más resistente a la torsión y a la compresión, más impermeable, prolongando, pues, su vida. Imputrescible, está clasificado ante el fuego como M1. Los bordes del panel pueden estar mecanizados para facilitar los siguientes acoplamientos entre paneles: simple unión, machihembrado y a media madera. Se comercializan con anchos de 60 y 120 cm, con grosores de: 30, 40, 50, 60, 80 y 100 cm y con longitudes de 250 cm.

<sup>2070</sup> Pertenece a Uralita, S. A. Tiene las siguientes dimensiones: longitud: 125 y 250 cm, anchura: 60 cm y grosor 2, 3, 4, y 5 cm con densidades de 20, 28 30 y 32 Kg/m<sup>3</sup>.

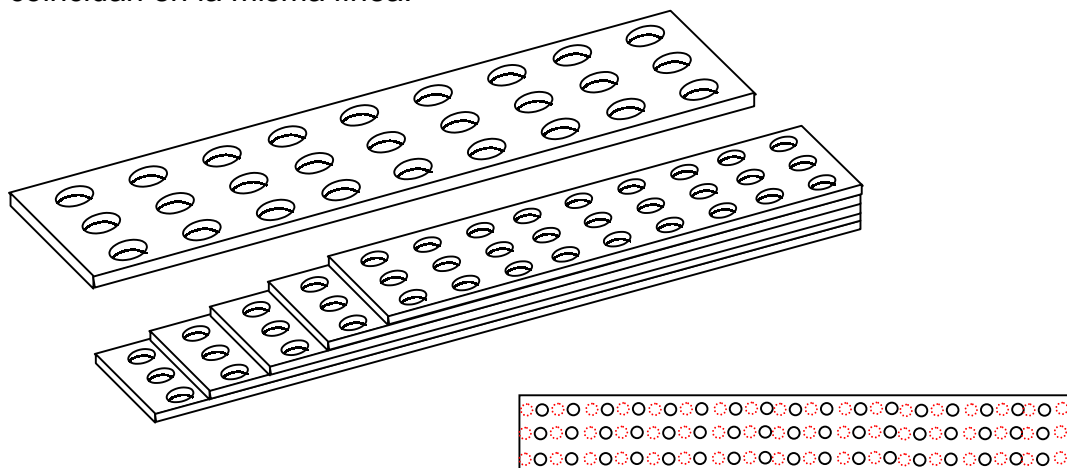
<sup>2071</sup> Distribuido por Montais, S. A. Características del producto en ficha técnica.

<sup>2072</sup> Glascofoam y Glascopor son productos de Poliglas, que con sus filiales europeas constituyen la División de Aislantes del Grupo Uralita.

<sup>2073</sup> En planchas de 200 x 100 cm y una densidad de 10 Kg/m<sup>3</sup>.

En el siguiente caso las diferentes capas poseen taladros que no se corresponden con los taladros de las capas adyacentes. Cada chapa lleva los taladros en sitios diferentes para que al hacer una sección del listón, éste no se vea debilitado, pero sí aligerado de peso.

Hacer algo similar a lo que se hace con el tablero laminado o la madera laminada, al variar la posición de los nudos u otros defectos para que no coincidan en la misma línea.



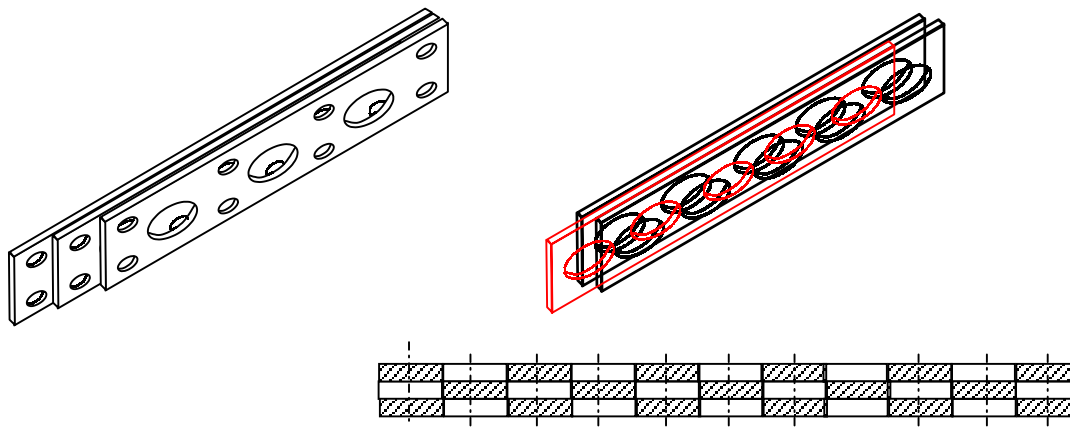
La posición de los listones puede ser también vertical para hacer los bastidores de canto.

El diseño de taladros puede ser el mismo al utilizado en los listones colocados horizontalmente, y pueden coincidir o no con los adyacentes.



En este caso los taladros no coinciden.

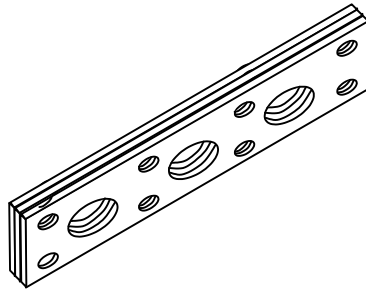
Dos, tres o más contrachapados con los taladros alternos.



Sección de este tipo de listón realizado con tres contrachapados, por ejemplo.

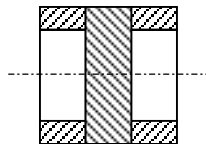


En este otro sí coinciden.

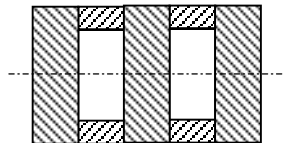


Otra posibilidad es la de contrachapados externos con taladros y el interno (en el caso de ser sólo tres) sin taladros.

Con tres contrachapados, exteriores taladrados:



Con cinco contrachapados. Los exteriores sin taladrar:



También es factible lo contrario, como ocurre con los listones de alma taladrada.

#### **11.2.1.4.3 Listones con alma taladrada.**

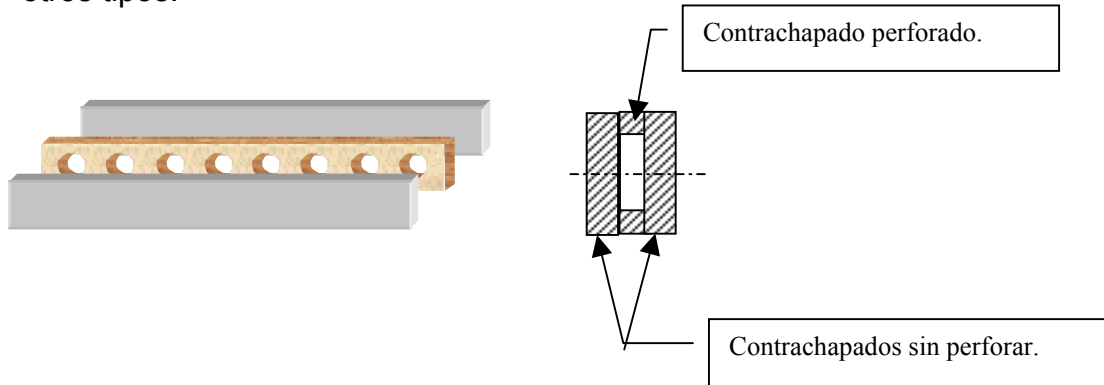
Su aspecto exterior es similar a los listones fabricados de varios contrachapados, con la salvedad de que en las testas pueda apreciarse taladros seccionados (todo dependerá de si el corte coincide con un taladro interno).

Si planificamos nuestros listones y ubicamos sus taladros donde no coincidan con los cortes transversales, tendremos también un acabado estéticamente mejor y no tendremos problemas con el grapado de telas en esas zonas.

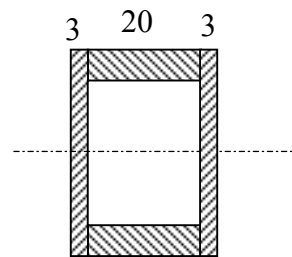
Otra posibilidad es que los taladros se encuentren en una o más capas internas, actuando como alma. De esta manera su acabado estético es más

liso, ofreciendo, a la vez, una mejor superficie para el grapado o el encolado de telas, papeles, etc.

Adecuado para bastidores de canto, aunque puede adaptarse bien a otros tipos.

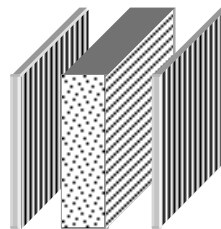


El alma puede realizarse con listones, por ejemplo de 20 mm y las caras con contrachapados de 3 mm

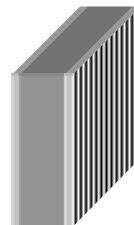


También puede fabricarse:

- Con las caras de contrachapado de 4 mm, con el corazón de chapa gruesa.

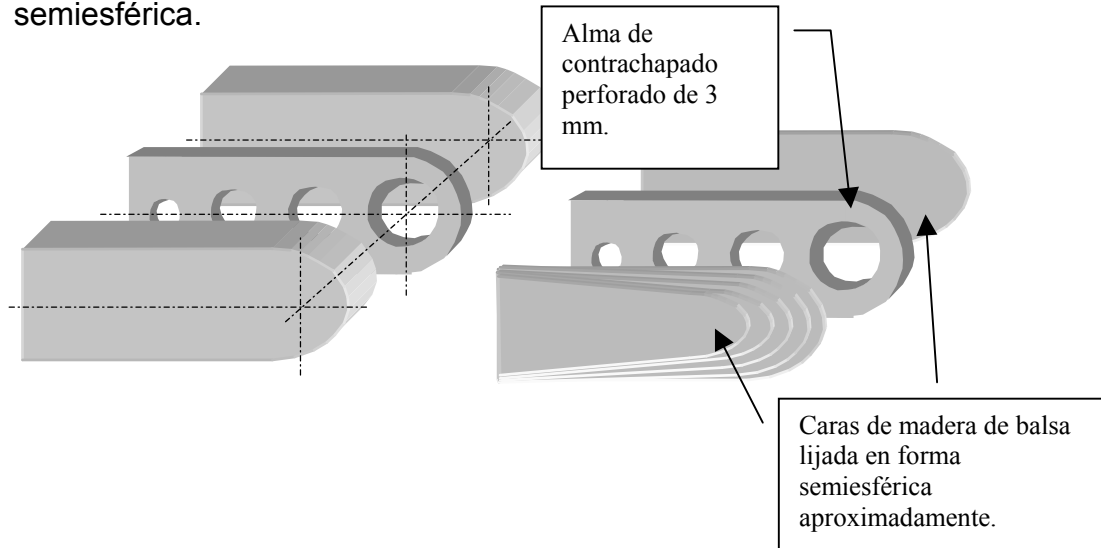


- Con la cara exterior del contrachapado perpendicular a la veta del listón taladrado.

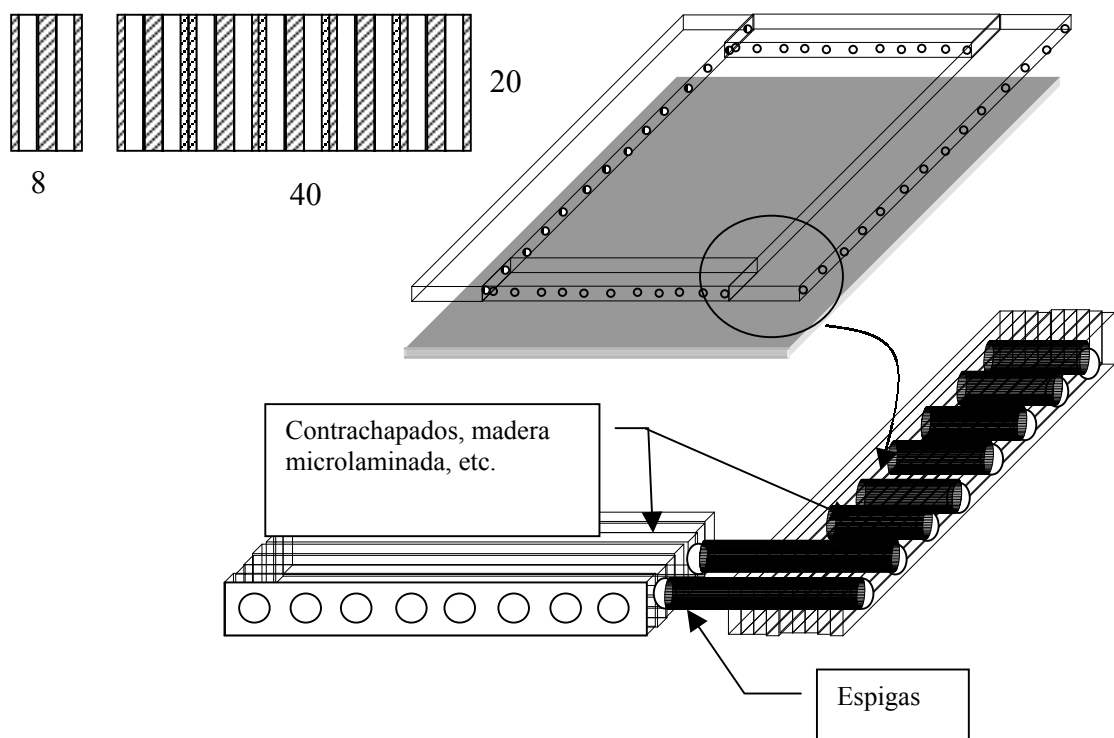


- También podría ser madera “microlaminada” o contrachapado “a la veta” para aprovechar mejor la dirección de las fibras.

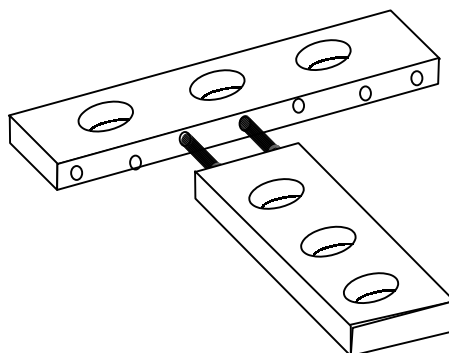
Esa tipología se utiliza en aeromodelismo para construir, por ejemplo, el morro de los aviones. En esos casos el alma está formada por contrachapado perforado y las caras por madera de balsa, a las que se les da forma aerodinámica para formar dicho morro con forma más o menos semiesférica.



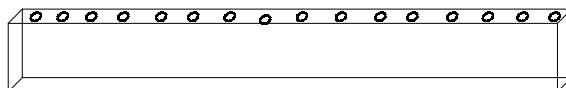
En el siguiente caso, cinco contrachapados de 0,8 mm forman un listón de 40 x 20 mm en el que 10 de las 25 láminas sigue una dirección diferente de la longitudinal, pero se ven reforzadas por las líneas de cola que actúan como si se tratasen de otras láminas que siguiesen aquella misma dirección.



Para las uniones se pueden utilizar los taladros y meter espigas del mismo grosor. Facilita el montaje.

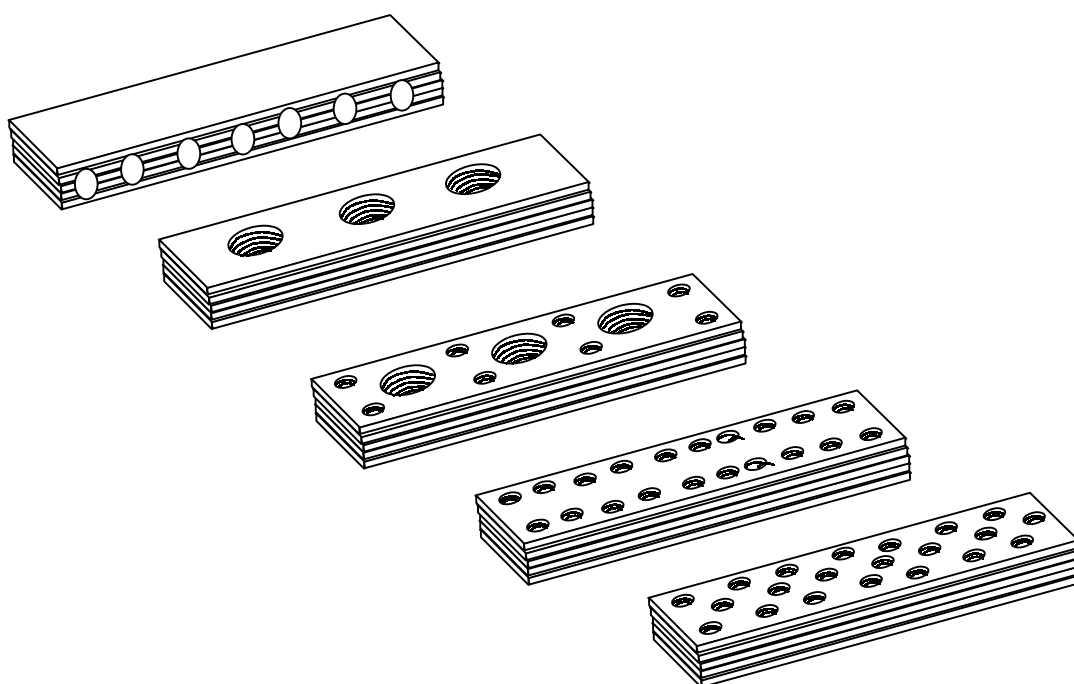


Listones perforados de perfil.



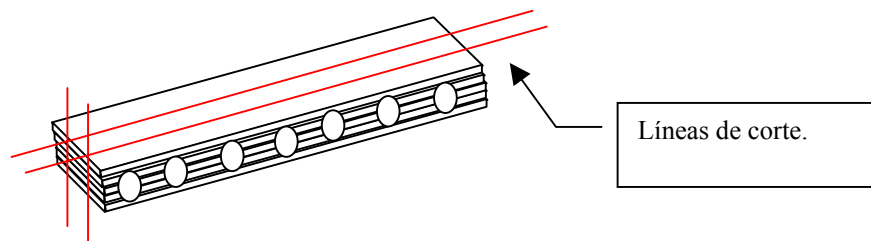
Pueden utilizarse conectores, escuadras, etc. para ayudar al montaje.

Resumen de posibilidades:

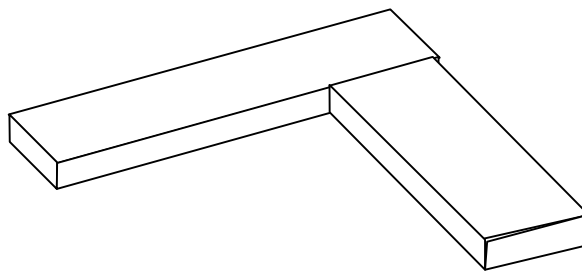


Pueden combinarse estas y otras posibilidades entre sí, es decir, listones con taladros en cara y canto, de diferentes tamaños.

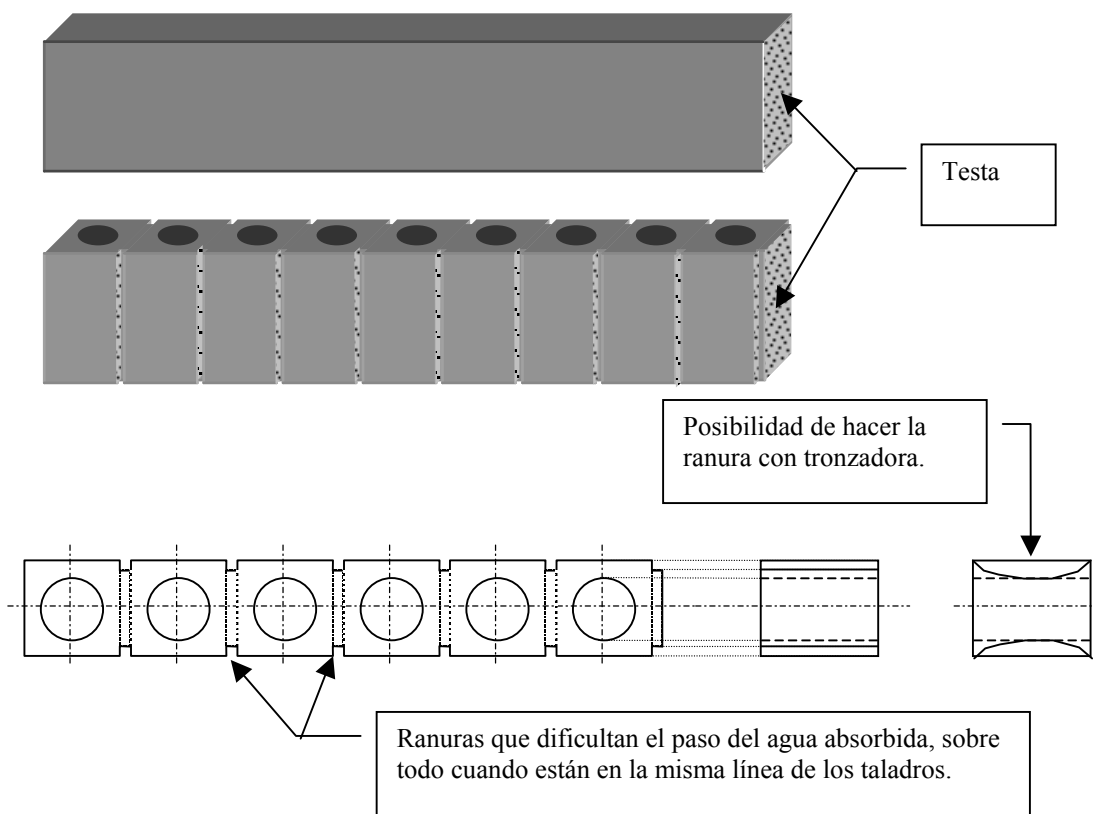
También se puede taladrar el listón por el canto y luego cortarlo con una sierra para hacer listoncillos menos anchos.



Unión por encoladura simple habitual en bastidores de baja calidad.

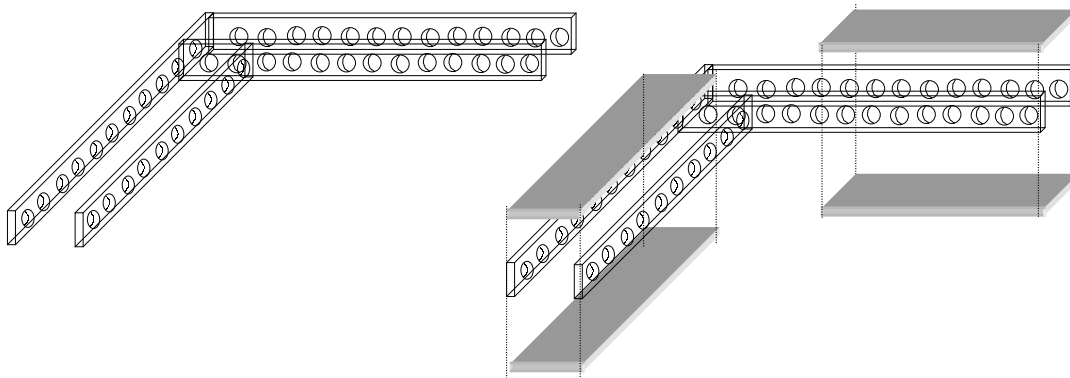


Utilizando listones de madera maciza taladrando el canto y ranurando a lo ancho: listón taladrado en el canto y ranurado:



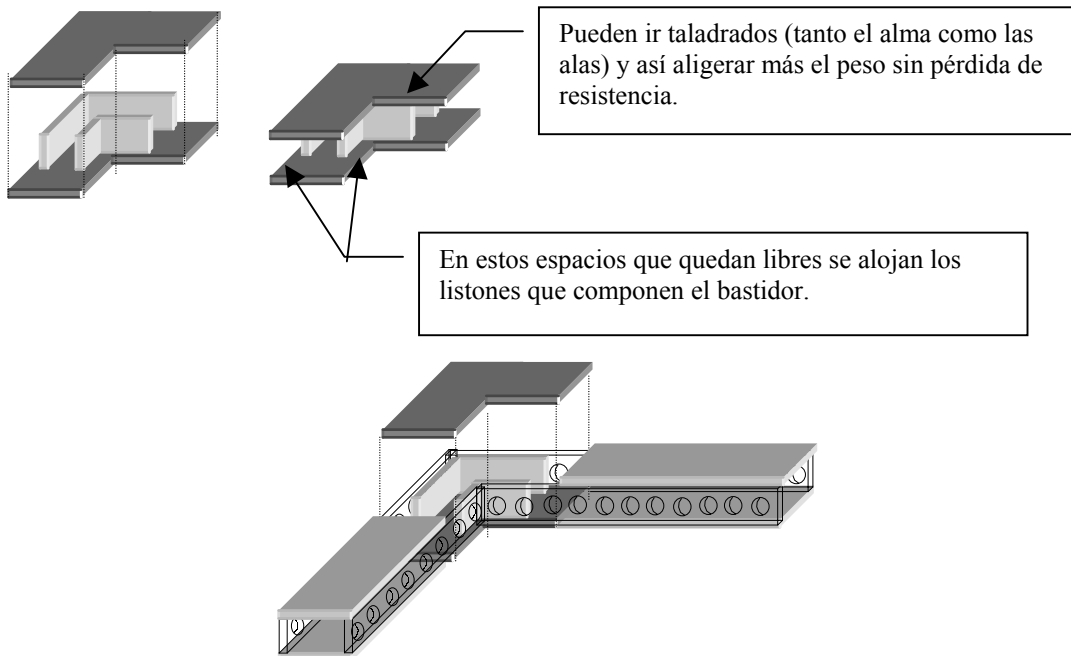
Esta disposición de taladros y ranuras dificulta la transmisión del agua pero no la interrumpe. Vasos, traqueidas, etc., están en contacto lateralmente también.

Bastidor del “tipo cajón” con taladros.



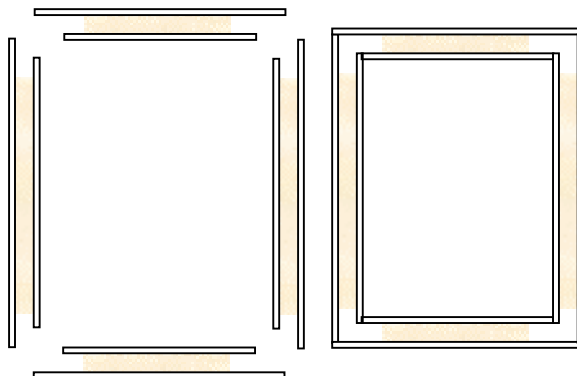
Otra posibilidad en cuanto a los ensamblajes de esquina:

Pueden construirse con contrachapados o listoncillos.

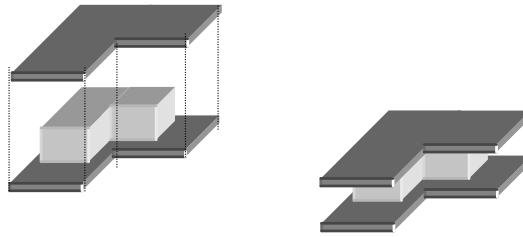


Con este sistema los listones perimetrales pueden ser todos iguales (salvo en longitud, si se desea), es decir sus extremos son idénticos. Con ello se estandariza la producción, siendo más rápido, fácil y barata su fabricación.

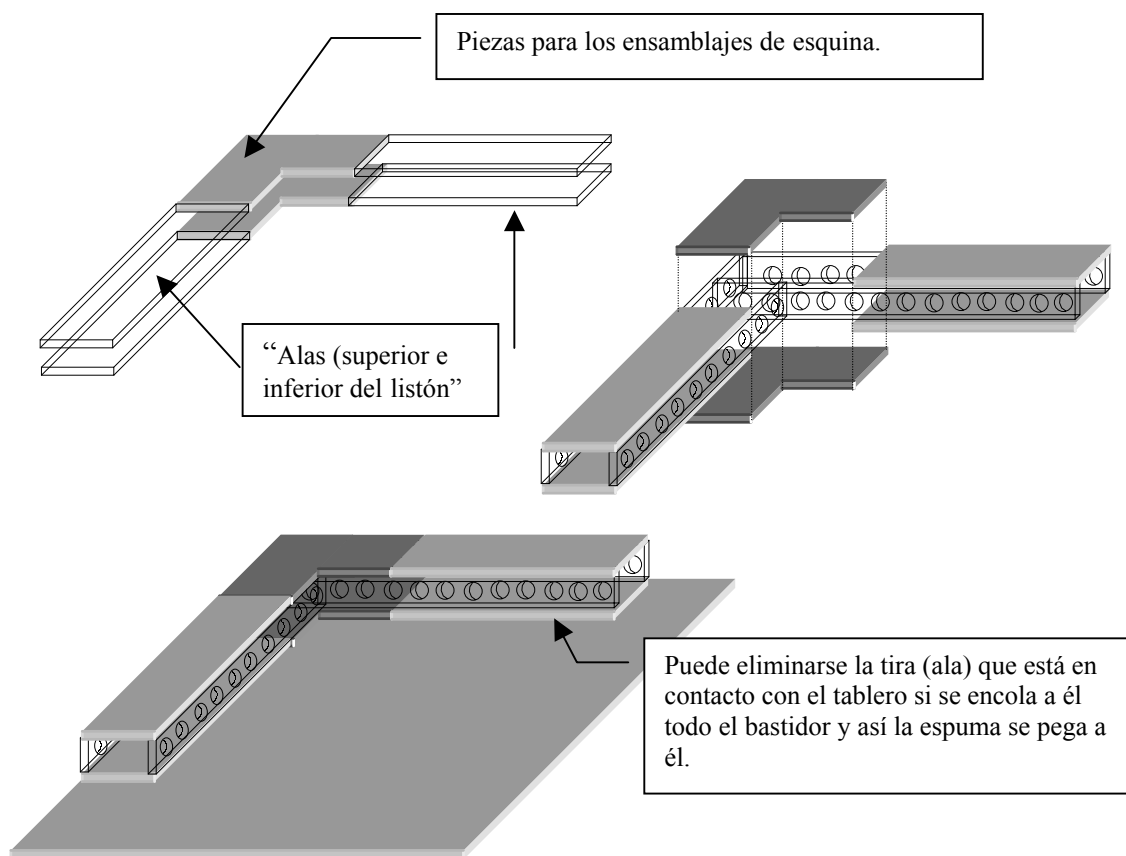
Otra posibilidad: Utilizar espuma de poliestireno extruído,



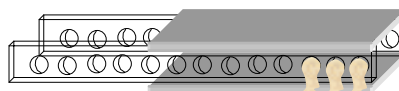
corcho, contrachapados, madera maciza, etc. en función de la disponibilidad de materiales que tengamos y del peso que queramos conferirle al soporte.



Por lo demás, el sistema de unión de los listones perimetrales es idéntico al supuesto anterior.



Se puede introducir espuma por los orificios y luego, lo que sobresalga por los mismos, se corta con un cutter.

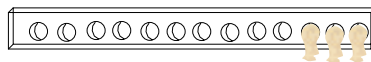


Ventaja:

- La espuma ayuda a encolar todas las piezas entre sí y no deja ningún hueco, actuando como una masilla.
- Ahorro de adhesivo, ya que si se usara la espuma en planchas habría que encollarla.

Desventaja:

- Pérdida de tiempo al tener que eliminar los sobrantes.
- Pérdida de material. Puede haber mucho desperdicio, así pues es mejor pensar en otra solución: Por ejemplo tapar por dentro con cinta de carrocer o acetato y luego poner un listón y presionar con gatos.

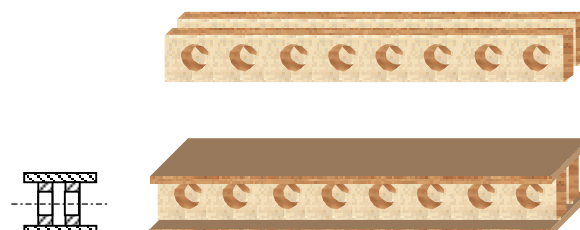


La pegajosidad de la espuma puede ocasionar retrasos al tener que limpiar los restos o eliminarla. Puede eliminarse una vez seca y luego, si fuera necesario, lijar la zona que vaya a estar en contacto con la tela, papel, aparejo, etc.

Realmente con este tipo de listones cajón no se hacen necesarios los elementos de ensamblaje de esquina o medios, pero se complica la realización de los listones ya que se producen muchas uniones traslapadas al tener que realizar muchos cortes en las tiras.

Puede verse la solución en el punto que trata sobre los listones tipo cajón, y luego realizar los taladros correspondientes.

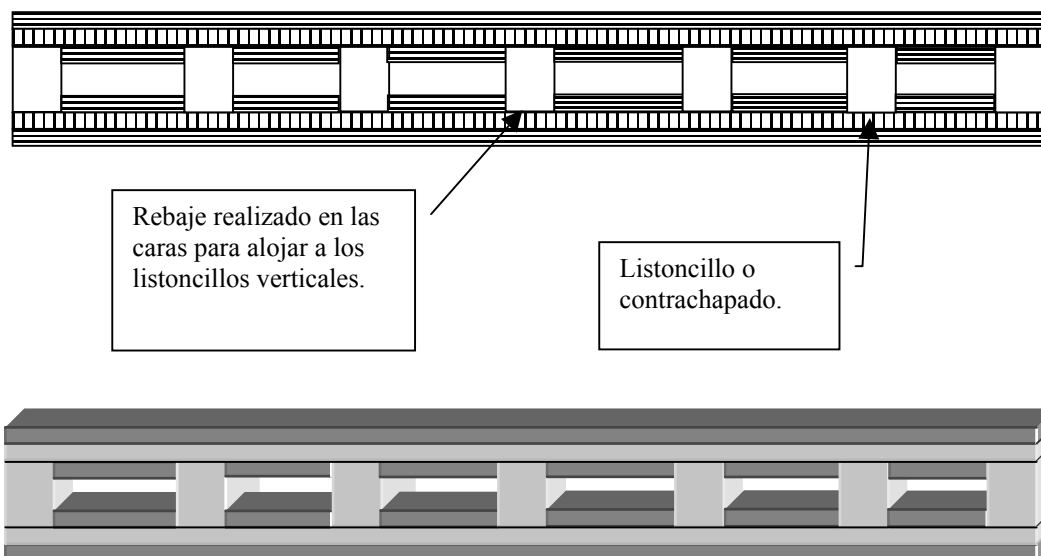
Otra posibilidad: Listón con perfil en “doble T taladrado”.



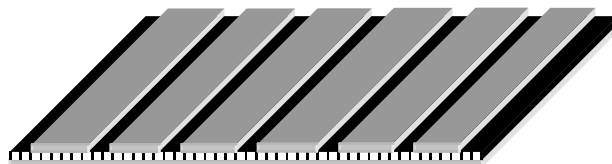


También puede rellenarse con corcho o espumas.

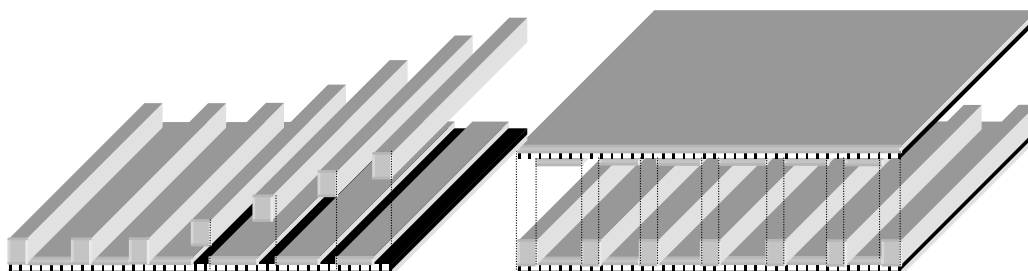
### 11.2.1.5 Listones huecos.



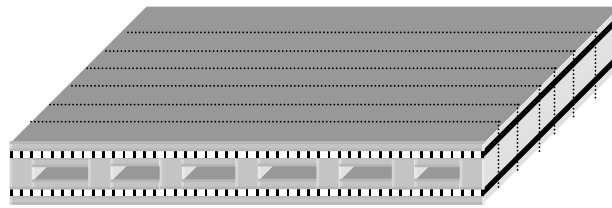
Obtención: Se practican las ranuras, en una cara de un contrachapado, que van a servir para sujetar a los listoncillos verticales que nos van a dar el grosor definitivo del soporte.



Se encolan los listoncillos o las tiras de contrachapado en esas ranuras y posteriormente se cubren con la otra cara de contrachapado, a su vez ranurado. Este otro contrachapado puede ser el resultado de dividir el anterior por la mitad. Es un buen sistema ya que, de esta manera, las ranuras siempre coincidirán.



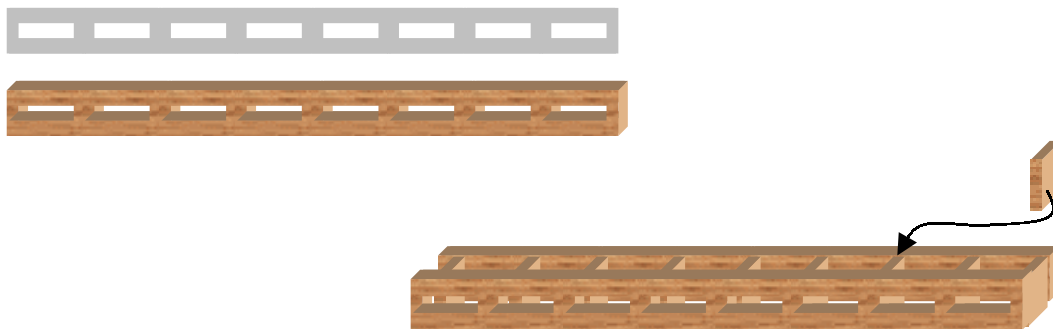
Una vez encolado, prensado el conjunto y seco, se dan los cortes necesarios para obtener los listones.



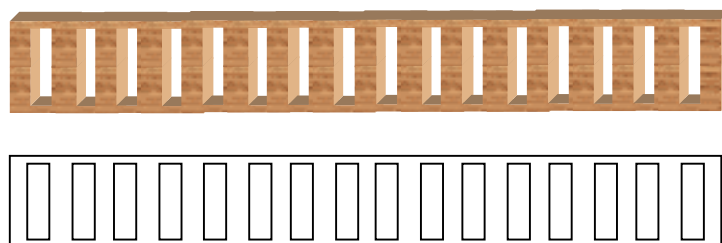
#### 11.2.1.5.1 Listones hueco-taladrados.

Otra posibilidad derivada de tableros contrachapados puede ser la siguiente.

Más complicada de hacer a mano, no tiene problemas para hacer las cajas pasantes en el taller con escopleadoras de martajas pasantes.



Listón con mortajas pasantes verticales:



#### 11.2.1.5.2 Listones tipo caja o cajón (listones simplemente huecos).

La utilización de elementos huecos para conferir resistencia a estructuras resulta patente en todo lo que nos rodea. Desde la antigüedad

este concepto se ha venido utilizando, con materiales como el bambú, en la construcción de casas, barcos, etc.

Estas estructuras huecas proporcionan al elemento a construir gran ligereza y una altísima resistencia, téngase en cuenta que al ser huecas su densidad baja mucho, de esa manera cobran una gran resistencia en función de su escaso peso.

Cuando un elemento soporta esfuerzos de flexión y torsión su perfil suele ser de tipo caja o cajón.

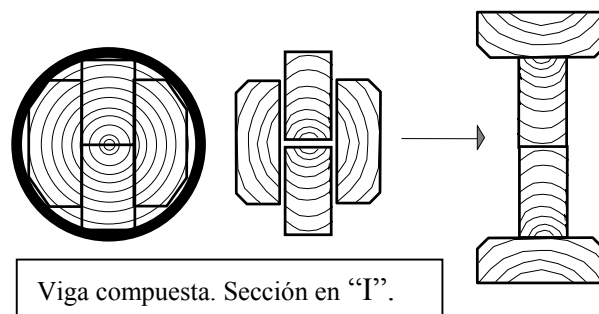
En la actualidad tenemos un ejemplo omnipresente con el que convivimos, casi sin darnos cuenta de lo revolucionario de su concepto: nos referimos a los sistemas de andamiaje tubular empleado sobre todo en la construcción.

Nuestros soportes no van a estar sometidos a esos grandísimos esfuerzos pero, salvando las distancias, la rigidez que nos van a ofrecer nuestros bastidores va a ser suficiente para que el tablero permanezca estable ante alabeos, combaduras, etc.

La naturaleza ofrece otros muchos casos, de alta resistencia unida a ligereza de materiales, de los que el hombre se ha servido para estudiarlos y aplicarlos a la industria, construcción, etc. Uno de estos ejemplos lo tenemos en los ánsares de Norteamérica, que vuelan miles de kilómetros desde el sur de los EE.UU. hasta el Ártico para anidar allí. Estas aves realizan esta proeza, a parte de otras cosas, gracias a que sus huesos son huecos, muy ligeros y altamente resistentes.

A nosotros, en el taller, nos resultaría bastante difícil realizar listones o bastidores con secciones tubulares, por eso la opción más sencilla es la de utilizar secciones rectangulares o cuadradas. Esto era bien sabido por los constructores, que buscando ligereza de materiales, pero sin perder la resistencia que ofrecían los materiales macizos tradicionales, llegaron a conclusiones como las vigas de madera “tipo cajón” o “sección en cajón”.

El hecho de que los bosques dieran cada vez menos ejemplares de grandes tamaños generó problemas en las construcciones tradicionales basadas en madera que requerían de grandes troncos para sus vigas y pilares. Surgieron soluciones como la que nos muestra la siguiente imagen<sup>2074</sup>: Seccionamos longitudinalmente un tronco y obtenemos cuatro piezas como las que se muestran. Acoplamos las piezas formando una viga de sección en “I” que resulta más resistente que el tronco inicial. La búsqueda de otros materiales que fueran resistentes, ligeros y que consiguieran salvar grandes luces fue derivando en vigas como las de tipo cajón y otros muchos materiales que conocemos como derivados de la madera natural. La unión de uno o varios de estos materiales fue decisiva a la hora de obtener multitud de nuevos materiales de ingeniería.<sup>2075</sup>



En la figura anterior, donde tenemos una viga en “doble T”, podemos comparar la sección obtenida de un tronco por encolado de las piezas. Esta nueva sección obtenida es mucho mayor que la sección de la que se obtiene, con lo cual podemos economizar madera.<sup>2076</sup>

En construcción se han utilizado mucho las estructuras mixtas, compuestas por madera aserrada o madera laminada (alas, cabezas) y tableros, éstos últimos formando generalmente las almas. Este sistema, como hemos visto con la viga compuesta ofrece, además de lo ya expuesto, facilidad de prefabricación, algo que a nosotros nos interesa bastante.

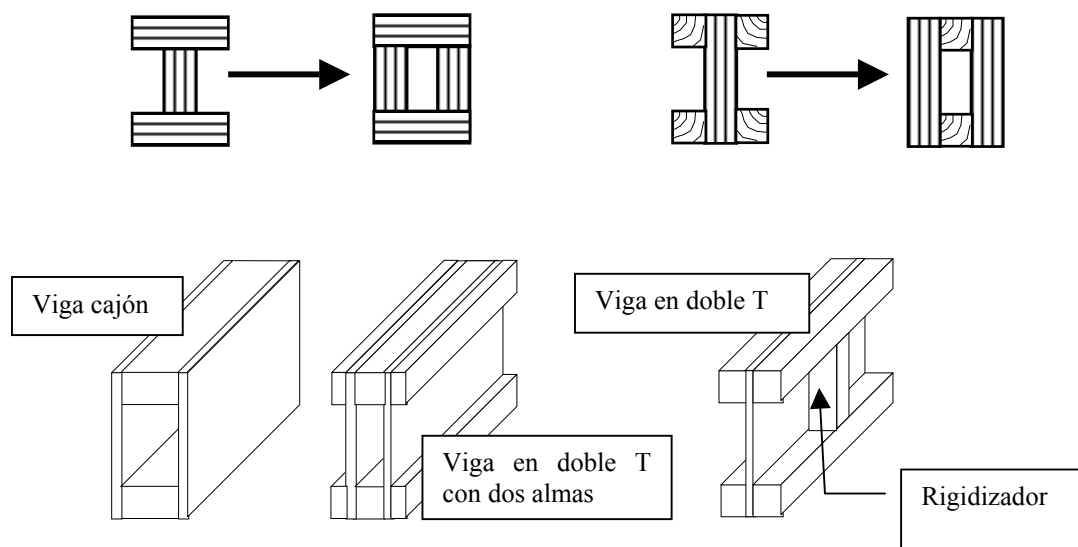
<sup>2074</sup> Arredondo y Verdú, op. cit., pág. 980.

<sup>2075</sup> Dichos materiales, como ya se comentó resultaron de importantes inversiones e investigaciones, y aunque su aspecto no resulte a veces demasiado estético, no proceden de sencillas experiencias, sino de complejos trabajos de muchos años por parte de infinidad de científicos, laboratorios y empresas patrocinadoras que invirtieron grandes capitales en dichos proyectos.

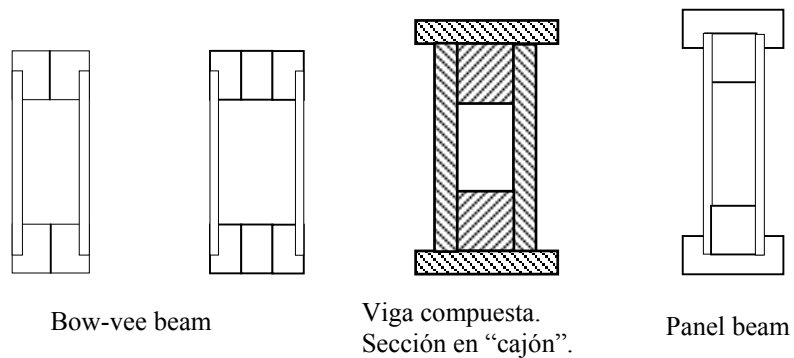
<sup>2076</sup>, F. Cassinello, op. cit., pág. 120.

De las más utilizadas son las vigas cajón, las vigas en doble “T” y las vigas en doble “T” con dos almas. Estos dos últimos diseños se verán en su apartado correspondiente.

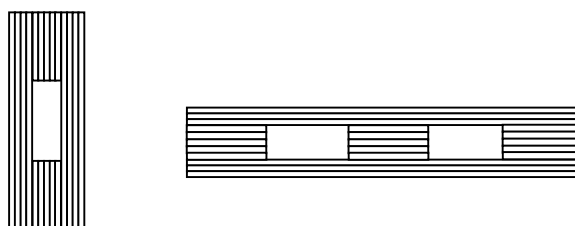
En las vigas cajón se utilizan las mismas soluciones que en las “doble T”, según que su forma tienda a la horizontal o a la vertical.



Otras posibilidades derivadas de estas, que usan tableros en las almas son:



También se utilizan en construcción las vigas de madera laminada tipo cajón simple o doble:



Hay muchas variantes según utilidad buscada. Con las vistas anteriormente podemos hacernos una idea de las infinitas posibilidades existentes de las que podemos hacernos eco.

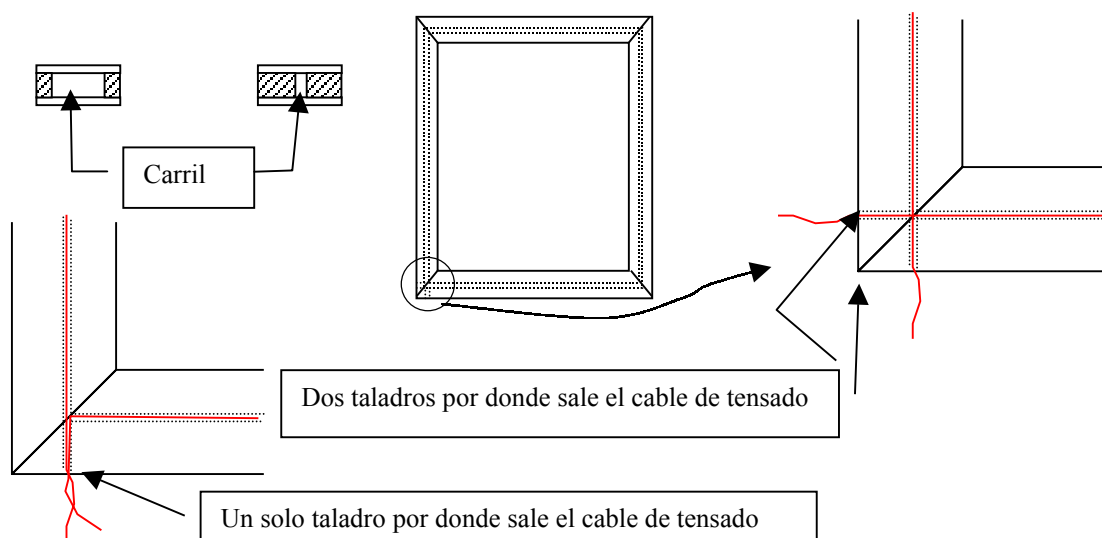
La viga cajón tiene un reflejo en la construcción de aeromodelos, ya que se utiliza un sistema similar, a menor escala, que denominan “larguero de cajón”.

Habitualmente utilizamos una serie de listones para construir nuestros bastidores con unas escuadrías de 60 x 20 mm<sup>2077</sup>. Ese pequeño grosor hace que se pueda manejar con facilidad, pero tiende al pandeo con facilidad. Si colocamos los listones de canto, ganamos resistencia del bastidor en el canto pero hacemos más dificultosa la manipulación del bastidor por la anchura generada.

Insistimos, una vez más, en que nuestro bastidor no va a estar sometido a grandes tensiones y por ello podemos hacer variantes a partir de los listones tipo cajón (derivados de las vigas tipo cajón).

Podemos aprovechar su condición de “hueco” para proceder a su ensamblaje más cómodamente introduciendo una cuerda o un cable (acero, nylon, etc.) que nos ayude a su montaje apretando todos sus elementos.

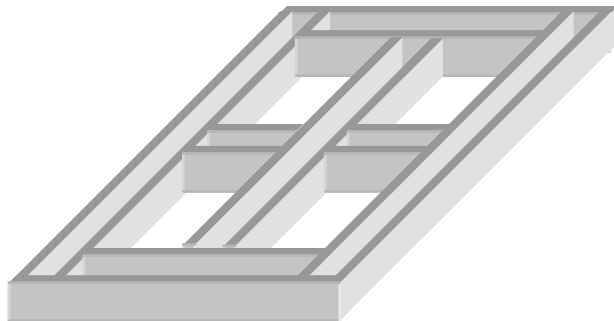
El listón puede ser totalmente hueco o disponer solamente de un



<sup>2077</sup> Tómese esta escuadría a modo de ejemplo ya que se puede encontrar fácilmente en madera de samba o pino.

estrecho carril interno, suficiente para alojar el elemento de apriete.

Una vez encolado el bastidor y cuando los cables hayan salido al exterior se hace un torniquete o se utiliza cualquier otro sistema de apriete y



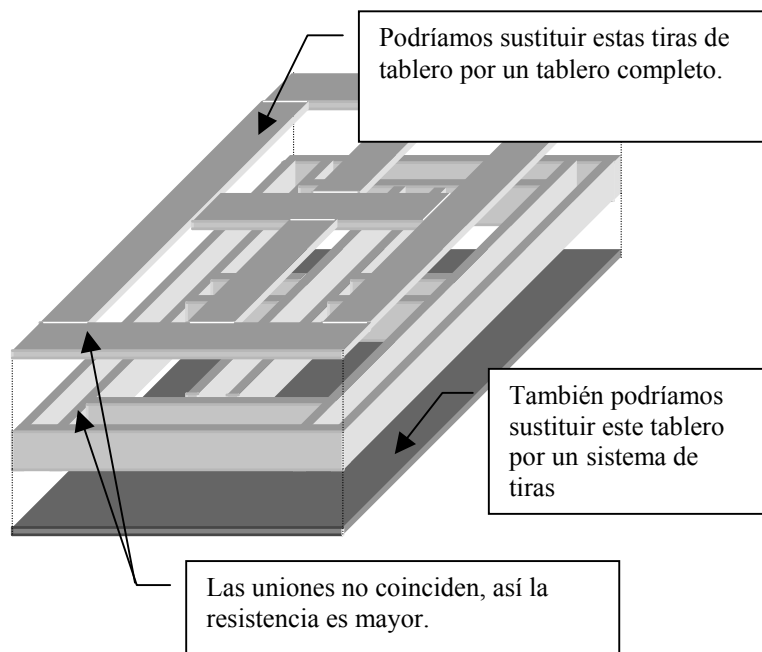
se procede a su montaje definitivo.

Este sencillo sistema puede llevar incluidos peinazos y largueros si hicieran falta, pero deberían llevar un

ensamblaje un poco más complejo, que este que mostramos anteriormente, para poder realizar correctamente su función.

También podría realizarse con listones de poca longitud, para así poder aprovechar mejor el material dado que el cable asegura la unión.

Pensando en un sistema que no utilice cortes a inglete y que sus listones no requieran de una fabricación demasiado compleja, tenemos lo siguiente: “Un listón (bastidor también) de contrachapado de sección rectangular hueco.”

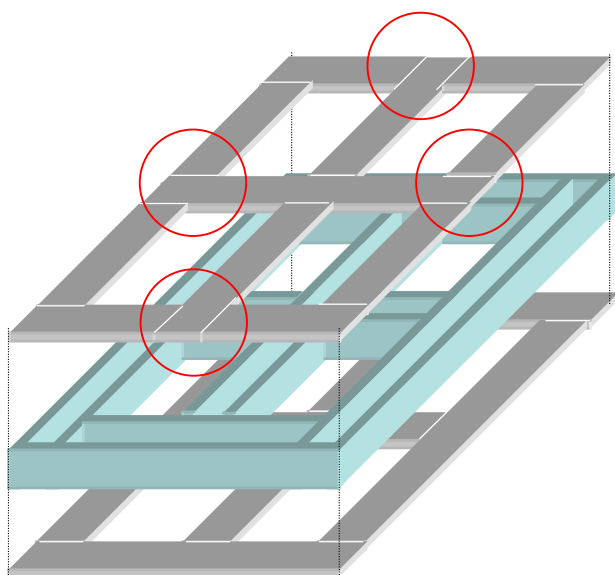


Las tiras de contrachapado que cierran los listones por la trasera deberían ir traslapadas para dar mayor resistencia al alabeo. Si deseáramos realizar el listón completo, cerráramos el bastidor por el lado opuesto con otras tiras, a su vez traslapadas con respecto a las tiras de la parte opuesta. El bastidor sería así simétrico.

También podríamos encolar un tablero completo y de esa manera tendríamos un soporte también simétrico respecto de su canto.

Puede haber variantes en la construcción de los listones, peinazos o largueros. El caso anterior tiene un pequeño problema de diseño que hace que la cruceta se encuentre unida al resto del bastidor sólo por un ensamblaje de encuentro, y ya sabemos que esa unión es muy débil. La solución es muy sencilla y consiste en unos pocos cortes de unas tiras y en la prolongación de otras tantas.

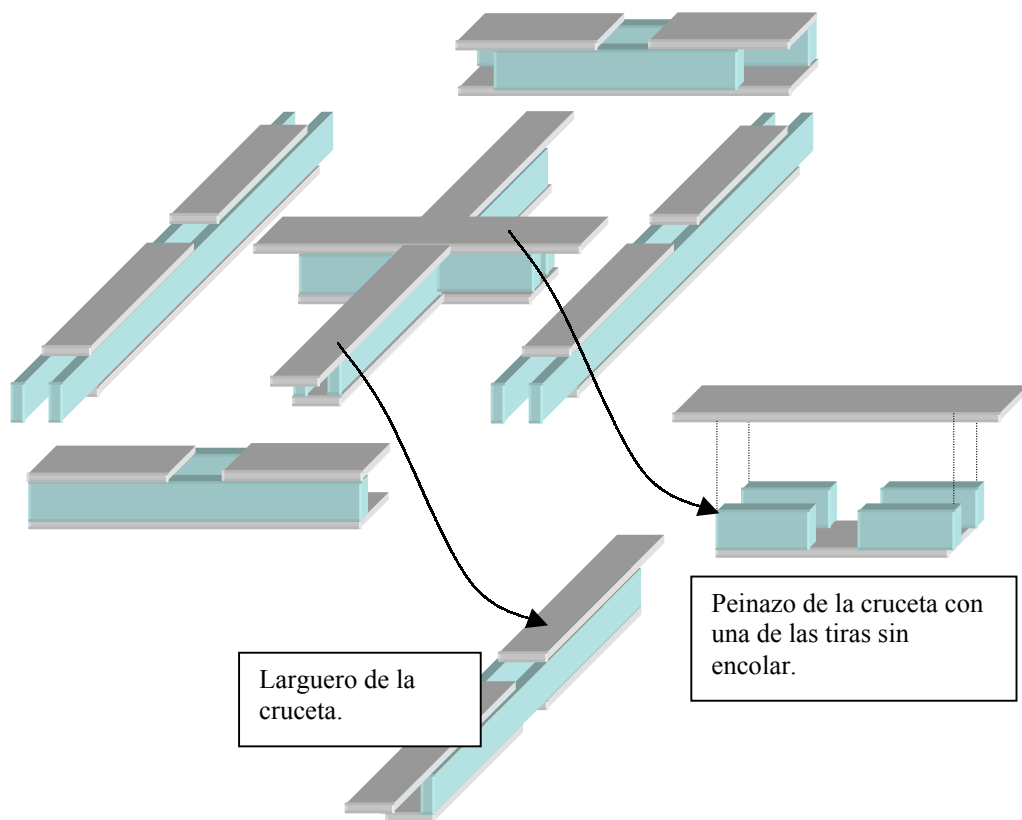
Visto así el soporte parece un complejo puzzle realizado con tiras de distintos tamaños, pero podemos resumirlo en seis listones tipo cajón. Este prototipo aquí presentado es una de las muchas posibilidades que podemos hallar después de un detenido examen de las posibilidades implícitas en ese tipo de listón.



La disposición de las tiras y/o listoncillos del caso anterior hace un poco difícil su montaje por lo que debemos comenzar el montaje cortando las tiras que formarán las caras de los listones y sobre las que vamos a montar los listoncillos que formarán los cantos. Perfectamente encolados se les encolará la cara opuesta

para así formar “el cajón” definitivo, teniendo en cuenta dejar los huecos para realizar los ensamblajes posteriores.





Para este tipo de bastidores no hacen falta ni formones ni gubias, todo es más sencillo.

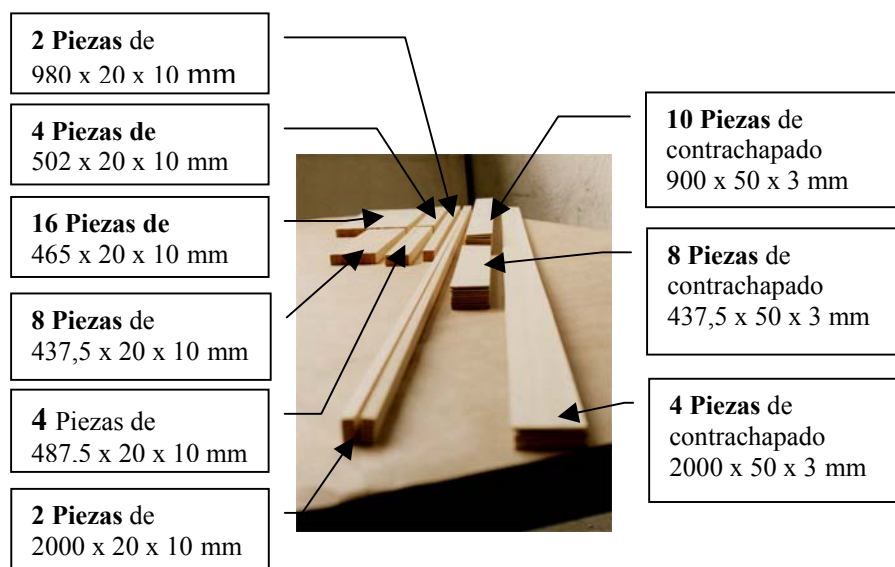
Otra combinación tampoco complicada.

Podría quedarse así y encolar encima el tablero, pero se rigidiza correctamente colocando por arriba y por abajo las tiras correspondientes o, como en el caso anterior, podemos fabricar por separado cada listón. A este tipo de bastidores se le pueden inyectar espumas, haciendo unos taladros previos.

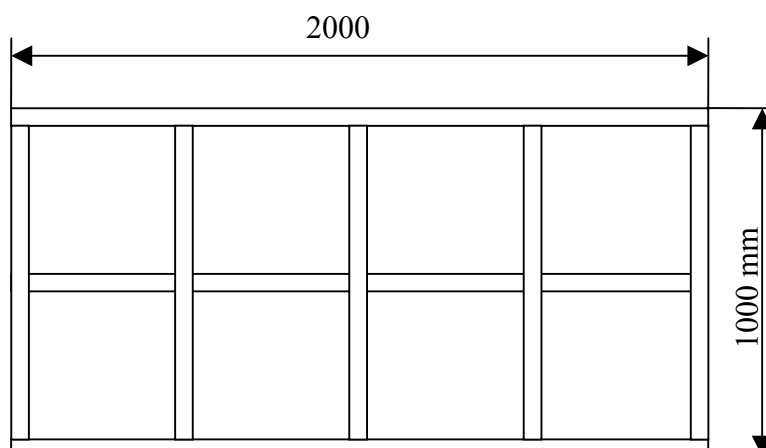
**Registro fotográfico del proceso de fabricación, en el taller, de un bastidor realizado con listones huecos o listones tipo “cajón”.**

**1.- Montaje del bastidor hueco (2000 x 1000 mm) realizado con piezas de contrachapado de 3 mm y listoncillos de 10 mm de grosor.**

Todo el bastidor está realizado con dos tipos de piezas de diferentes longitudes:



- Contrachapado de ocumé/limoncillo de 3 mm de grosor y 50 mm de anchura, en longitudes varias.
- Listoncillos de samba de 20 x 10 mm, en longitudes varias.



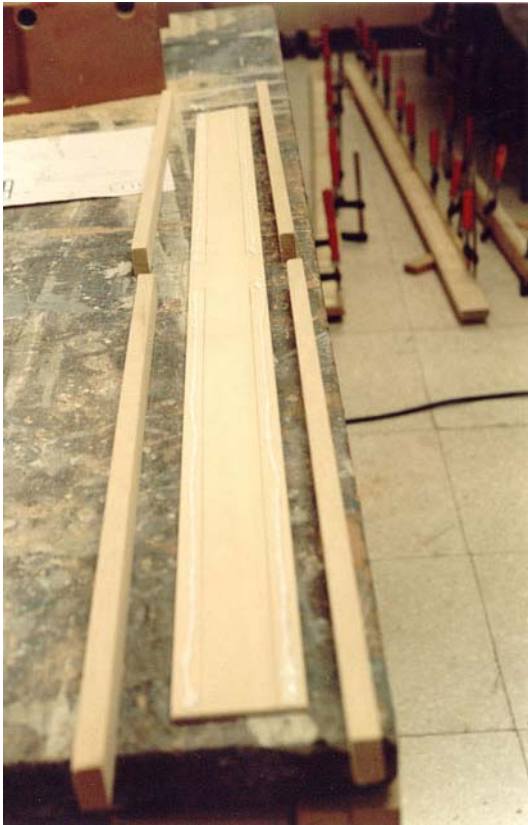
- Se ha realizado un montaje general en pocas fases y no por medio de listones ensamblados entre sí. Ese otro montaje lo utilizaremos para el bastidor de elementos desmontables. En este caso, el bastidor quedará terminado como una sola unidad.



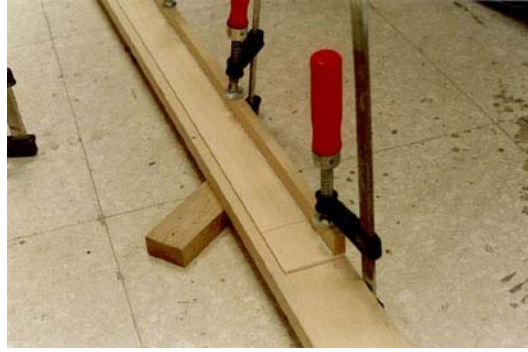
Flexibilidad de la tabla de cara.



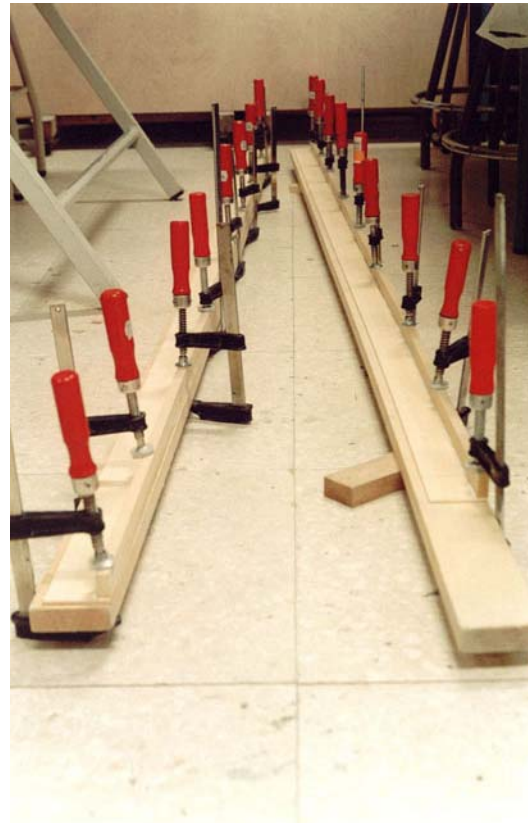
Flexibilidad de la tabla de cara.



Encolado de listones de canto.



Prensado de un listón de canto.



Presión durante el encolado de los listones.

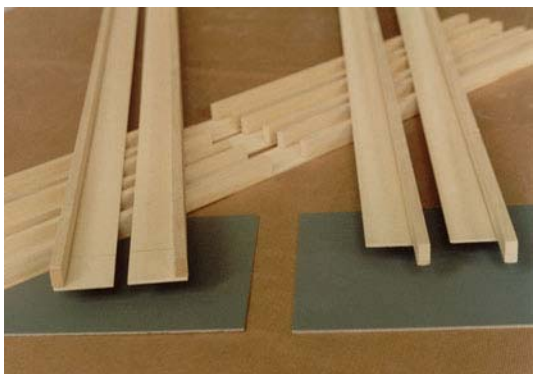


Primera fase en la construcción del bastidor.

- Seleccionamos las piezas y las cortamos a la medida apropiada. Podemos observar, en las fotografías, la gran flexibilidad que tienen las tablas de cara hechas con contrachapados de poco grosor, antes de encolarle los listoncillos que harán del listón “tipo cajón” un elemento estructural altamente resistente.

Encolamos, pues, los listoncillos perimetrales a las tablas de cara y luego hacemos lo propio con los peinazos intermedios y crucetas.

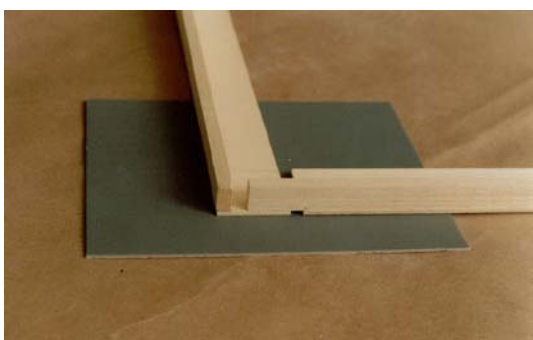
Terminada esa fase obtenemos las piezas necesarias para construir prácticamente la mitad del bastidor.



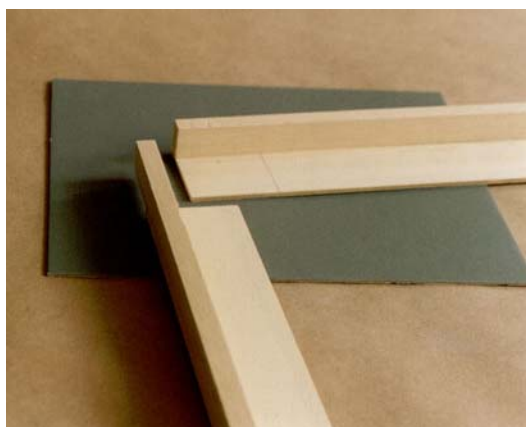
Elementos iniciales para un ensamblaje de esquina.



Ensamblaje exterior de un peinazo intermedio.



Detalle de ensamblaje de esquina.



Detalle de ensamblaje de esquina.



Detalle de ensamblaje de esquina.



Detalle de ensamblaje central.



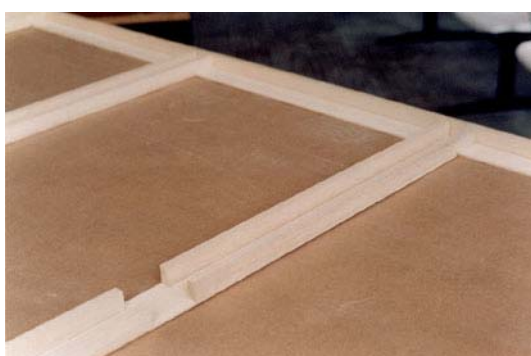
Presentamos las piezas en el orden de encolado que han de llevar.



Presentación de las piezas de la primera fase antes de su encolado.

Comprobado ya que todas las piezas ocupan el lugar previamente asignado, procederemos a encolar el/los larguero/s y las tablas de cara hasta completar el bastidor completo.

Comprobamos que conforme avanza la construcción, con el encolado de nuevas piezas, aumenta la rigidez y solidez del bastidor.



Detalle de un ensamblaje medio y 1ª fase de la cruceta.



Detalle de ensamblaje medio.



Detalle 1ª fase de encolado.



1ª fase de encolado



Detalle de cruceta.



Detalle de las crucetas.

Colocamos, a continuación, listones encima y los gatos que harán presión hasta que el conjunto esté debidamente encolado.

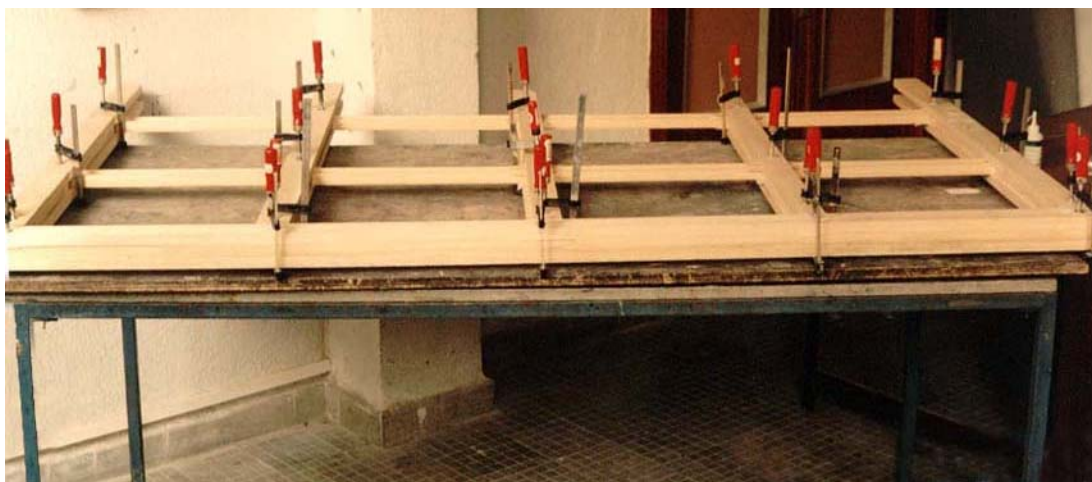




Detalle de la primera fase de encolado.



Encolado del bastidor. 2ª fase.



Encolado del bastidor. 2ª fase.



Bastidor terminado.



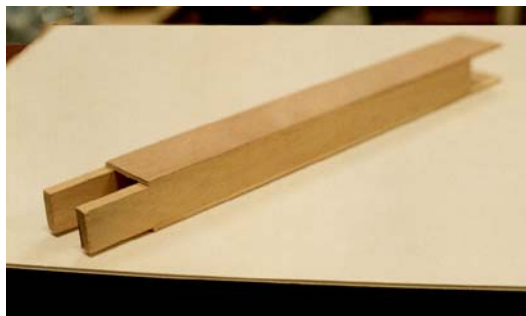
## **2.- Montaje del bastidor hueco de piezas desmontables.**

Para este sistema necesitaremos una serie de piezas, que previamente habrán sido elaboradas con las medidas establecidas en función del formato deseado.

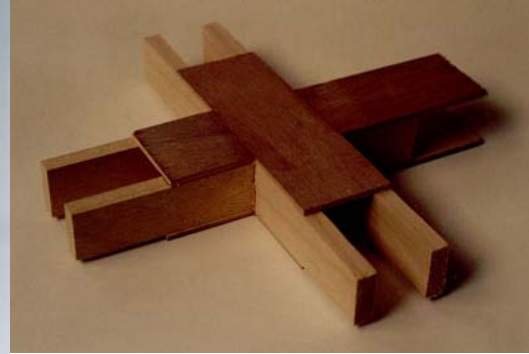
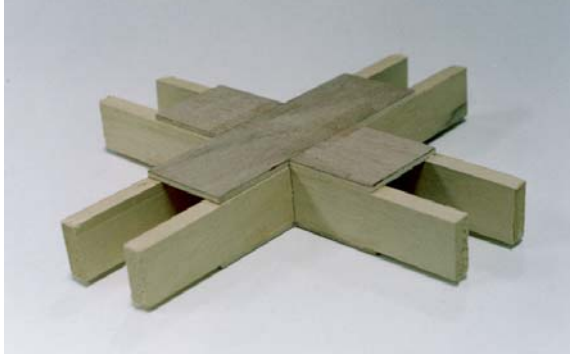
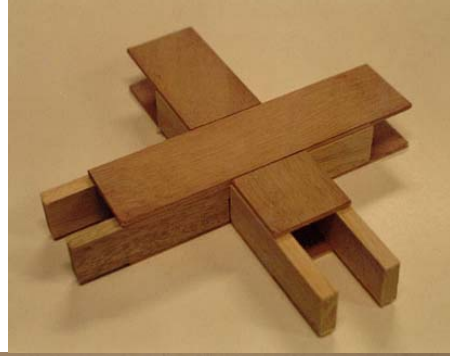
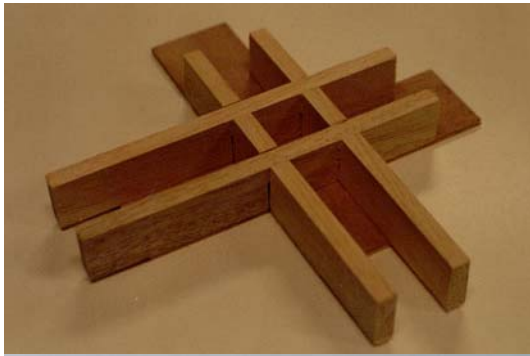
Las piezas que realicen los ensamblajes de esquina, medios y en cruz, pueden tener, si se desea, siempre las mismas dimensiones y servir de comodín para todos los formatos que queramos hacer. Los listones, en cambio, pueden ser los elementos que cambien en función de esos formatos diferentes que queramos construir.

Con listones de 25, 30 y 35 cm de longitud creemos que puede ser suficiente para poder aprovechar los tamaños máximos de tableros existentes en el mercado. Dimensiones mayores pueden llevarnos a tener que utilizar los tableros contrachapados “maxi” o recurrir a ensamblajes entre tableros, cosa no siempre deseable por las líneas de encolado que se forman en la cara que recogerá la capa pictórica.

### **Listones:**



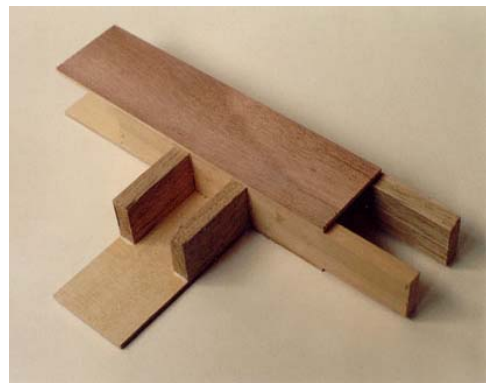
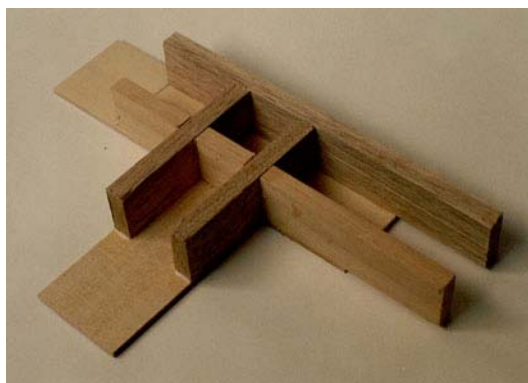
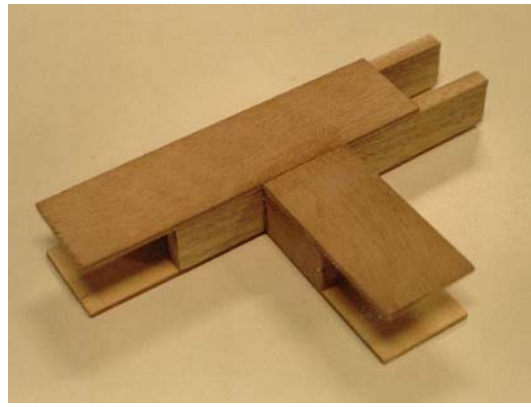
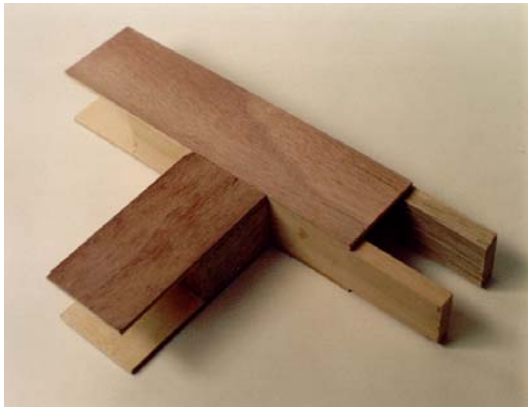
Listón con posibilidad de distintas longitudes, en función de la separación de peinazos y largueros.



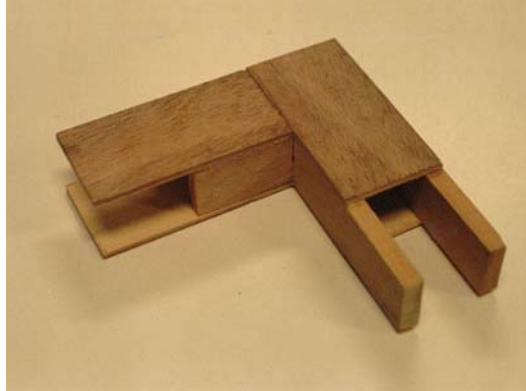
Esta piezas de ensamblaje precisan, dependiendo del número de peinazos internos, modelos diferentes: el primero tiene dos conexiones “macho” y dos conexiones “hembra”, otra pieza precisa de tres conexiones “macho” y una solo “hembra” y, por último, otra pieza que presenta todas sus conexiones “macho”. Aunque presentamos sólo el interior de una de ellas, es fácil entender el interior de la otra.

### **Piezas en cruz para ensamblajes medios:**

### **Piezas en “T” para ensamblajes medios:**



**Pieza para ensamblaje de esquina:**



**Conjunto de las piezas.**

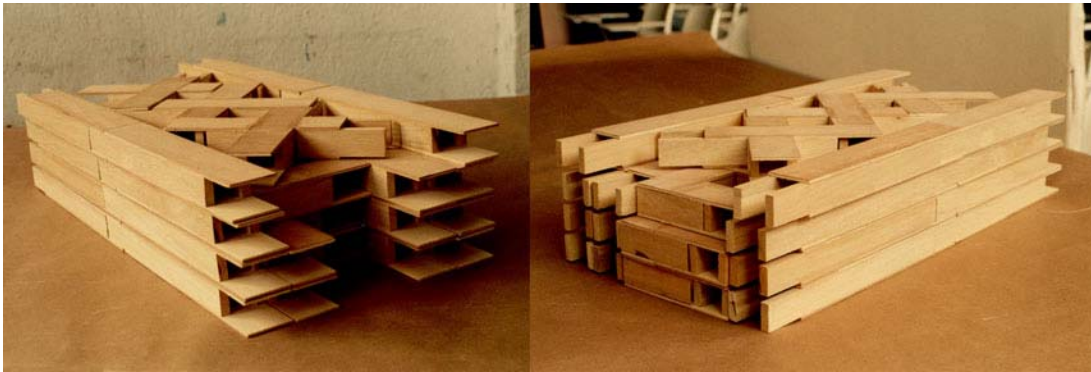


Aspecto general de todas las piezas que componen el bastidor.

Fácilmente transportable por su ligereza y escaso volumen.



Dos aspectos del mismo bastidor:



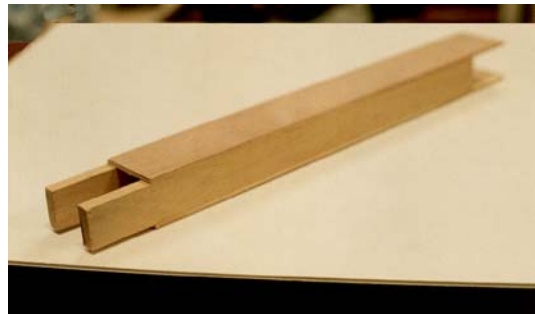
Embalado del bastidor completo para su transporte.



Bastidor desmontable hueco. Fase final de montaje.

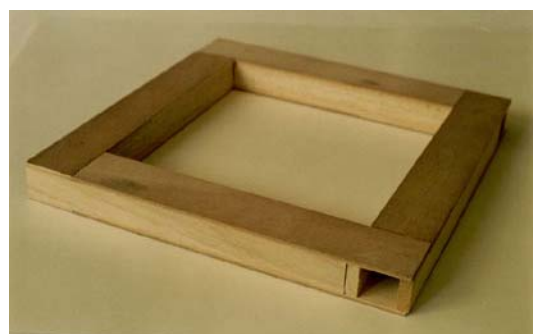
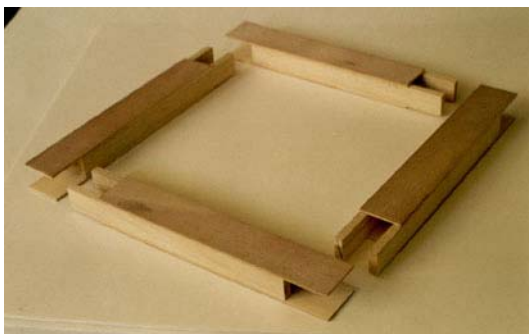
## **Realización de un bastidor sencillo con listones tipo cajón y sin ayuda de piezas de ensamblaje.**

Su ejecución es rapidísima. Puede encolarse o no en función del uso que se le vaya a dar: si se le va a encolar un tablero, las piezas deberían encolarse entre sí. Si por el contrario, vamos a tensar una tela, podemos biselar una de las tablas de cara y no encolar los listones entre sí.



Listón de 30 cm de longitud.

Pueden emplearse listones de las longitudes que se desee, pero hay que tener en cuenta el grosor el tablero que vamos a encolar para evitar hundimientos, como ya se comentó.



Montaje de bastidor sencillo con listones tipo cajón.

Como se puede ver en la segunda fotografía, quedan las testas huecas. Si queremos evitar la penetración de suciedades, insectos, etc. podemos cantar el perímetro, o hacer algo más sencillo y rápido como es inyectar espuma de poliuretano.

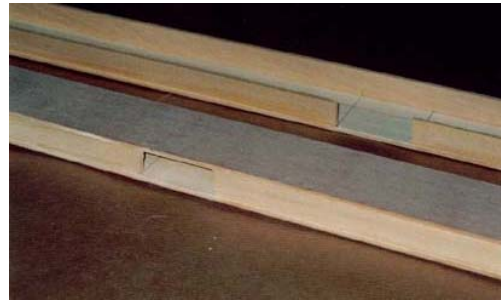
Todo esto no sería necesario encolando previamente un alma de espuma rígida de poliuretano (en plancha) a los listones.

### 3.- Montaje del bastidor hueco realizado con piezas del mismo grosor en contrachapado y listoncillos.<sup>2078</sup>

El procedimiento a seguir es el mismo que en el primer caso: corte de las piezas necesarias, encolado de los listoncillos a las tablas de cara, etc.

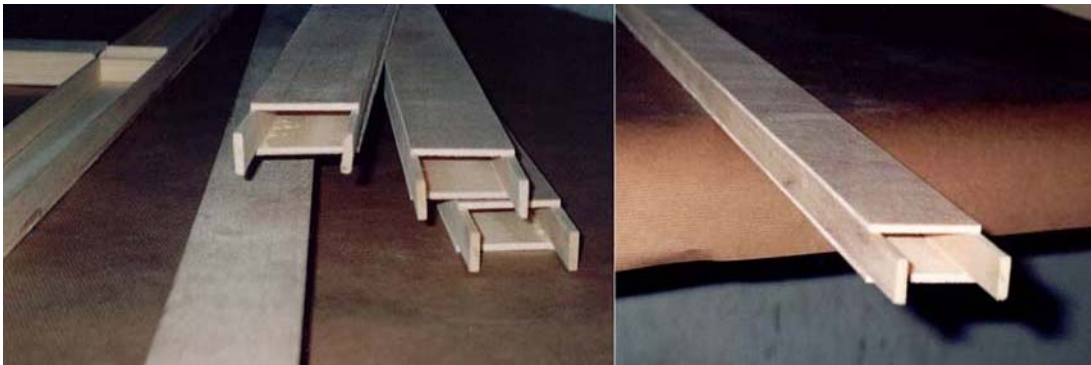


Prensado de uno de los listones.



Detalle de ensamblaje medio.

pero, en este caso, vamos a construir previamente los listones perimetrales completos. Posteriormente ensamblaremos los peinazos y largueros (sólo una tabla de cara y los listoncillos) y les encolaremos por último las otras tablas de cara. Todo el conjunto será presionado para que la unión de unas piezas con otras sea firme y rigidice adecuadamente al conjunto.

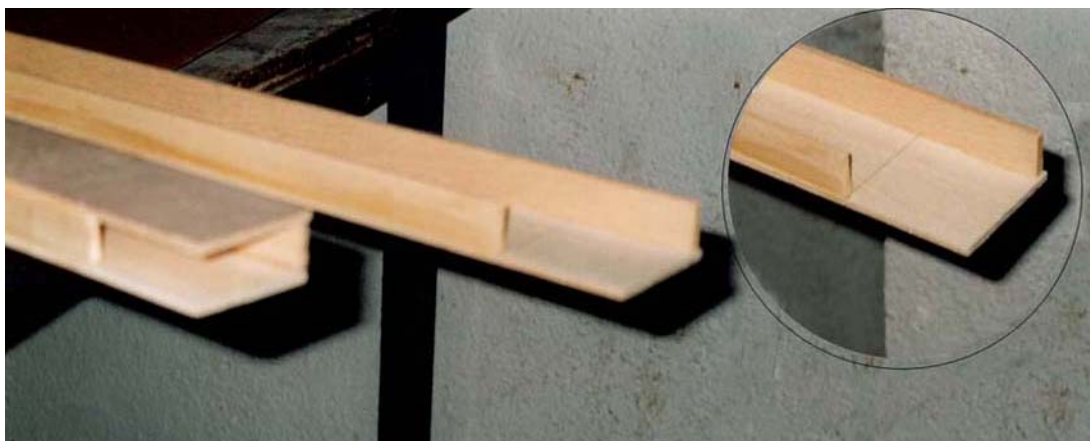


Testas de los peinazos.

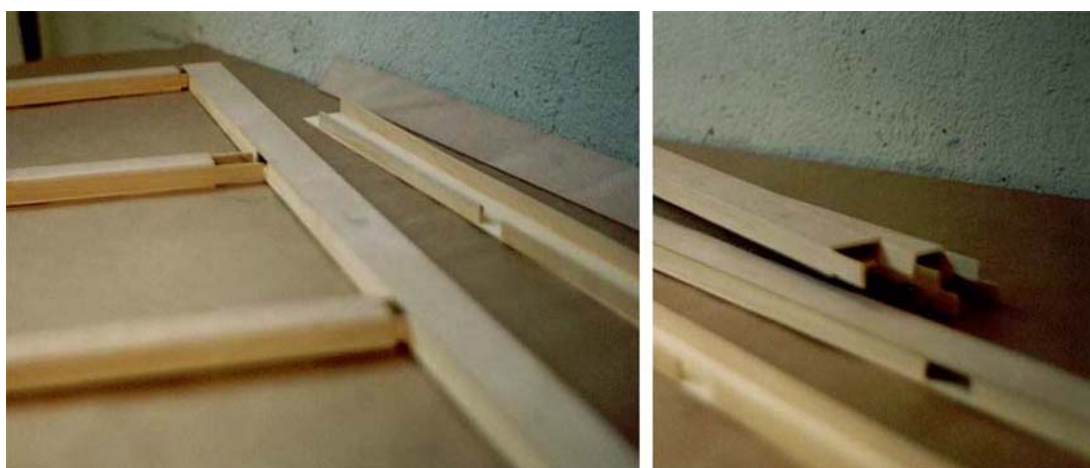
---

<sup>2078</sup> En esta experiencia concreta se utilizaron listoncillos de madera maciza de 5 mm de grosor, pero esto mismo puede realizarse, como ya hemos comentado, con el propio contrachapado para así conseguir homogeneidad en los movimientos higroscópicos.

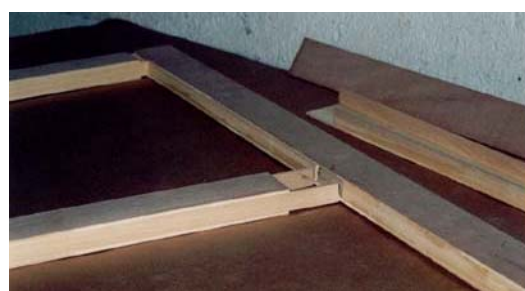




Detalle de un de los listones (“listón hembra”) que componen un ensamblaje de esquina. Dentro del círculo puede apreciarse el aspecto de ese listón sin cubrir por una de las caras de contrachapado.



Ensamblajes medios. Tipología de los listones que lo componen.



Vista interior de un ensamblaje medio antes de encolar la otra tabla de cara.



Encolado de peinazos.



Interior de un ensamblaje medio.



Ensamblaje de esquina.



Vista general del prensado final.



Bastidor terminado y detalle del mismo.



En todos estos diseños podemos realizar taladros para aligerar peso y/o inyectar espumas.

También se le pueden inyectar espumas de poliuretano y, después de colocar el tablero y las tiras, poner encima de todo un tablero y un peso o algún elemento de presión porque la espuma tiende a expandirse. De esta manera el conjunto se convierte en una unidad.<sup>2079</sup> Hay que tener en cuenta que el conjunto gana densidad.

Pueden realizarse taladros internamente para que la espuma pase de un listón a otro, o inyectar la espuma en cada listón individualmente. Esta última posibilidad es más adecuada.

No debemos olvidar aplicar cola en los cantos de los listones antes de inyectar la espuma y colocar después el tablero.

También podría encolarse primero todo el conjunto y después, en unos taladros hechos en cada listón, inyectar la espuma. En este supuesto sólo tendríamos que taponar los agujeros por los que hemos inyectado la espuma. Presenta el problema de que si no se pone encima del conjunto un tablero y se presiona, el tablero puede combarse por efecto de la expansión de la espuma. Esto puede suceder más frecuentemente en tableros de poco espesor.

Es interesante inyectar o proyectar la espuma, pues así actúa como una masilla que lo tapona todo porque se expande por todas partes y rellena los huecos.

Si se utilizan rigidizadores de borde hay que evitar que coincidan con los taladros practicados para inyectar la espuma. Dichos taladros pueden ir ubicados donde más nos convengan: en el canto externo, en el interno o en la cara opuesta al tablero.

Estos taladros sirven para que los disolventes de los adhesivos evaporen mejor al circular el aire y, una vez secas las encoladuras, dichos

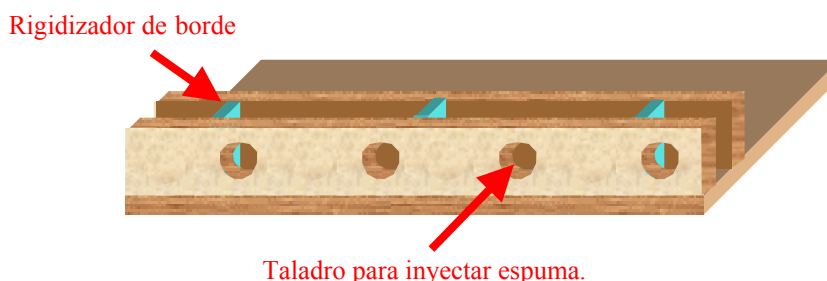
---

<sup>2079</sup> Este material se viene utilizando en EE.UU. desde 1953 sin que los materiales utilizados se hayan alterado.

taladros sirven para poder introducir la espuma. Además cuando ésta rebosa por ellos, nos indica que el hueco está completo.

A la hora de aplicar la espuma debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Superficies limpias de polvo, grasa, humedad, etc.
- Aplicación perpendicular a la superficie.
- Que la espuma tarde en reticular de 15 a 60 segundos. Esto es importante si se quiere hacer una segunda aplicación encima.
- La espuma se degrada con los rayos ultravioleta. En interiores no necesita protegerse, pero si va a estar expuesta al exterior requiere recubrimientos acrílicos, siliconas, etc.
- Si una parte resultara dañada, puede eliminarse y aplicar otra capa sin problemas, ya que la espuma tiene un anclaje perfecto con la otra espuma.



Propiedades de la espuma de poliuretano:<sup>2080</sup>

- Alto poder aislante porque elimina totalmente puentes y fugas térmicas. Presenta el coeficiente más bajo de conductibilidad térmica de los materiales aislantes. Se forma una superficie continua y estanca. (DIN 52616).

---

<sup>2080</sup> Sólo nos referimos a las propiedades que puedan sernos útiles en la fabricación de nuestros bastidores, una información más completa puede obtenerse en la literatura técnica de Bauchemie, S. A. (STC), "Tecnología de aislamiento-impermeabilización", edita Bauchemie, S.A., Sociedad Anónima de Tratamientos Especiales para la Construcción, Madrid, s/f.

- Es impermeable al agua. El agua penetra sólo superficialmente y nunca llega al interior. (DIN 53428).
- Resiste a la compresión según densidad: entre 3 y 9 Kg/cm<sup>2</sup>. (DIN 53421).
- Su variación dimensional es de un 0,2% cuando pasa de 20 a 30° C. Con mayor densidad y grosor, su deformación es nula.
- Es autoadherente. Se adhiere fuertemente a materiales como yeso, madera, hierro, piedra, hormigón, ladrillos, etc.
- La reacción producida con el sustrato constituye con él un **auténtico elemento estructural**.<sup>2081</sup>
- Ligereza de peso. Densidad: 50-53 Kg/m<sup>3</sup>, según DIN 53420.
- Resistencia al envejecimiento: no altera sus propiedades con el paso del tiempo. No le atacan hongos ni bacterias.
- Rapidez y facilidad de aplicación.
- Economía de medios.
- Capacidad de coloración y mezcla con cargas (sílice, por ejemplo).

Algunas espumas que podemos encontrar:

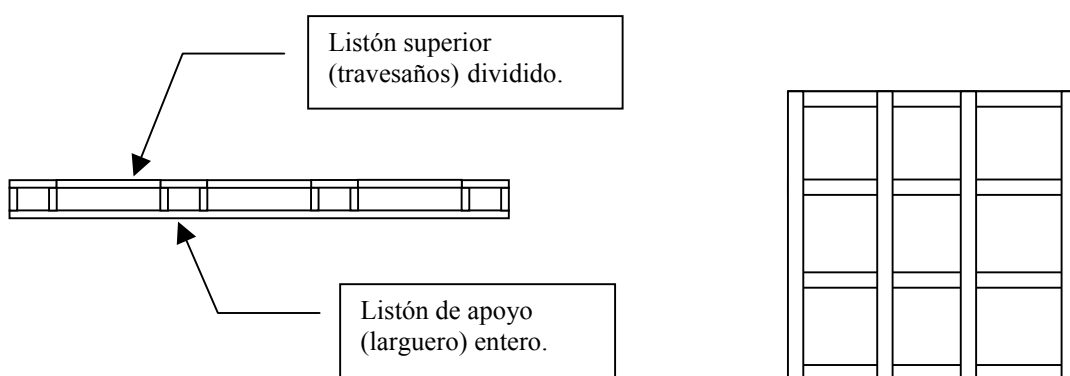
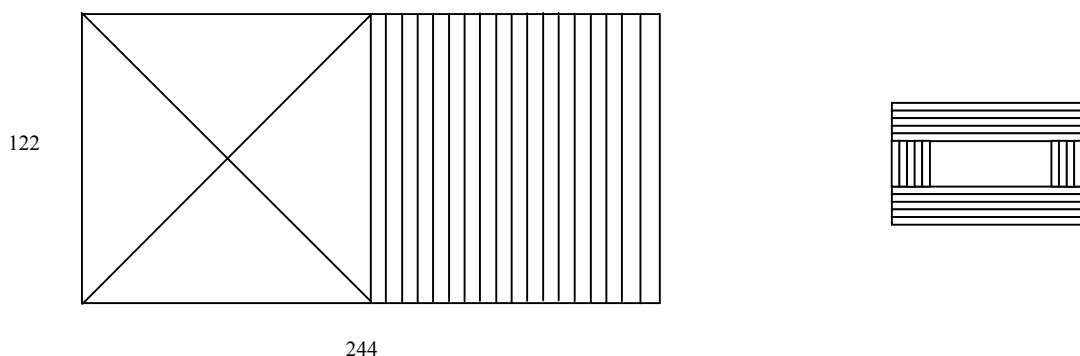
Espuma de poliuretano			
Empresa	Producto	Propiedades	Disolvente
Instapol, S. A.	Great Stuff	Espuma monocomponente de expansión mínima, de esta manera no hay que recortar los excedentes. Elevada adherencia y rápido secado. Seca al tacto a los 45 minutos y cura completamente a las 8 horas. De color blanco.	Methyl ethyl glycol, acetona, quita esmalte de uñas, etc.
	Foam Plus Instapol	Espuma monocomponente de "gran expansión" (triplica su volumen).	Foam Cleaner.
	Froth-Pak	Equipo de dos componentes. Seca al tacto en 30 segundos y solidifica completamente en 5 minutos.	

<sup>2081</sup> Esta es una de las propiedades que más nos interesa y por eso lo incluimos como material para la fabricación de nuestros listones y bastidores.

El bastidor, además de presentar el aspecto de las fotografías anteriores, puede presentar secciones como:



De un tablero de 122 x 244 cm podemos obtener un soporte completo, solo con elegir formato y escuadría de los listones. Se pueden hacer tablas de cálculo para no tener que hacer operaciones cada vez que vayamos a hacer un soporte.



16 caras de 6 cm = 96 cm.

16 cantos de 2 cm = 32 cm

#### 11.2.1.5.3 Listón con perfil en “doble T” con dos almas.

Este sistema nos libera de muchos problemas surgidos con listones macizos en los que la dirección de sus anillos no es la adecuada:

Las aristas de la sección transversal se curvan tanto más cuanto más se apartan de las direcciones principales de

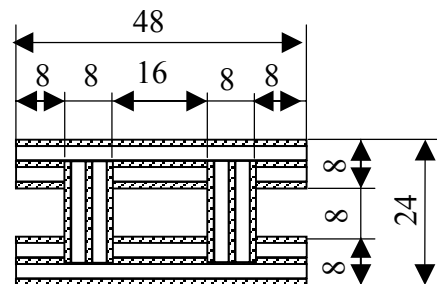
dilatación (radio y anillo de crecimiento), resultando, según esto, que la variación mayor la experimentan en una posición intermedia entre las direcciones radial y tangencial (a unos 45° respecto a la radial). Combinando bien la superposición de chapas, tablas o tabloncillos durante el encolado, pueden atenuarse mucho las deformaciones y evitarse las grietas producidas por contracción en las peligrosas *fajas marginales de las superficies encoladas*.<sup>2082</sup>

En los listones con estos perfiles esos problemas ya no se dan pues no existe ninguna dirección principal de dilatación.

Son muchas las posibilidades con las que podemos trabajar, pero hay una que nos puede facilitar montajes y/o enmarcados posteriores, ya que produce un efecto ranurado en el canto que puede aprovecharse posteriormente para realizar acoplamientos de soporte por medio de lambetas. También serviría para acoplarle distintos tipos de perfiles de todo tipo de materiales, así como molduras, marcos, etc.

La ranura que se produce en el canto debería ser múltiplo del grosor del contrachapado con el que está realizado o de otros, ya que facilitaría su taponado posterior si no nos interesara mantenerlo visto.

De todas maneras ya hemos insistido en la conveniencia de que las distintas medidas guarden cierta proporcionalidad para facilitar su manejo, aprovechar mejor los materiales y facilitar los cortes, ranuras, entallas, etc. Por ejemplo, si utilizamos un tablero de 8 mm de espesor, el perfil del listón podría ser el que se aprecia en la imagen.



Las ranuras practicadas en las alas para alojar las almas pueden ser la mitad del grosor de dichas alas. Lo suficiente para que las almas asienten perfectamente perpendiculares a las alas.

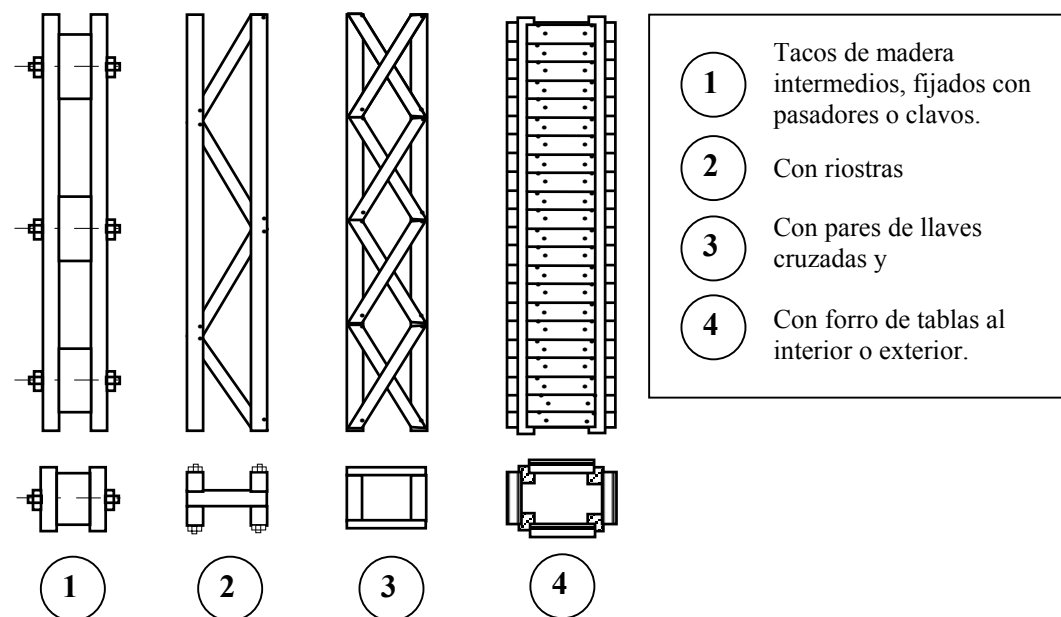
Estas medidas evidentemente no son aptas para la construcción. Allí la relación de las alas con el alma y las características resistentes se basan en

<sup>2082</sup> Franz Kollmann, op. cit., pág. 460.

cálculos ya establecidos. Nosotros aproximaremos las escuadrías según nuestras necesidades resistentes y/o estéticas.

#### 11.2.1.5.4 Listón-doble hueco de canto. Listones derivados de pies derechos compuestos.

Este tipo de pilares se utiliza en la construcción cuando el pie derecho<sup>2083</sup> que se va a colocar ofrece peligro de pandeo, cuestión esta en la que nos podemos basar para realizar nuestros listones.

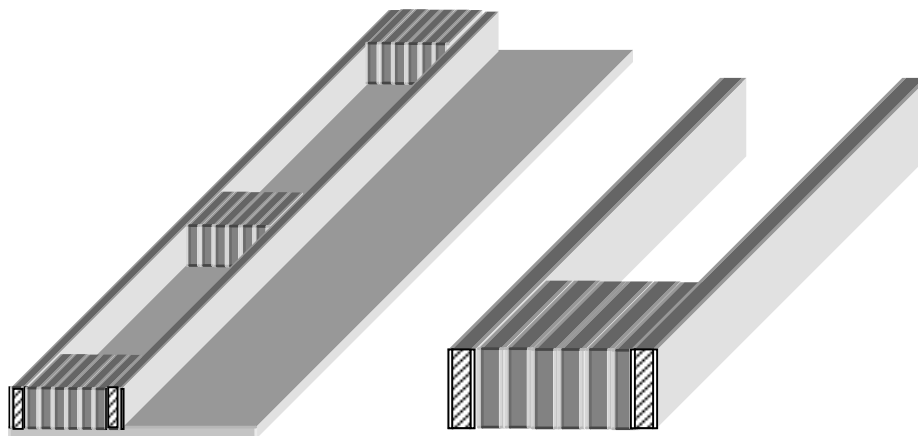


Algunas de las propuestas anteriores de Casinello<sup>2084</sup> pueden interesarnos por su mayor sencillez de ejecución pero, en la medida de lo posible, intentaremos realizarlas sin pernos, dado que la escala a la que vamos a trabajar no lo hace necesario, así como la esbeltez de los listones o las cargas a que van a estar sometidos.

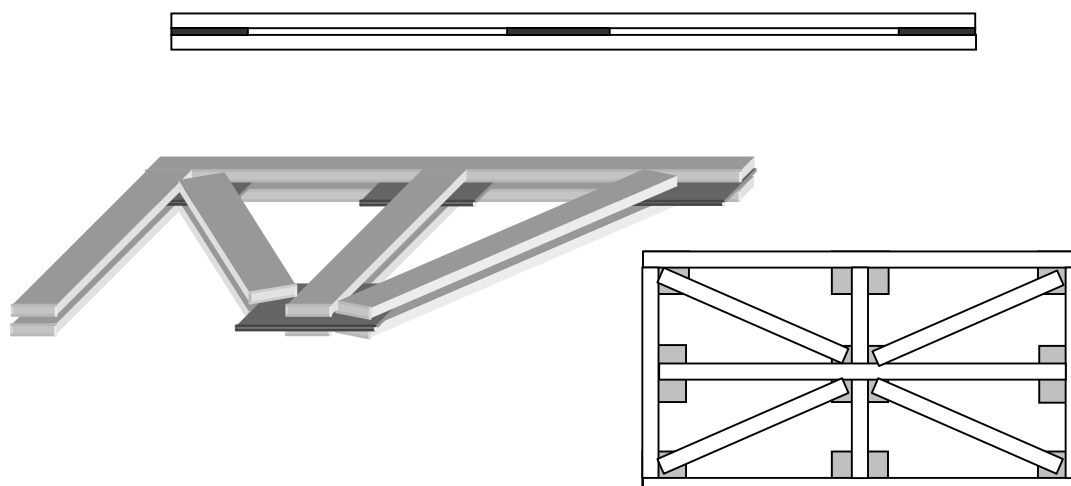
Podemos realizar muchos diseños, variando materiales (listoncillos, tiras de contrachapado, perfiles, etc.)

<sup>2083</sup> Vigas verticales.

<sup>2084</sup> F. Casinello, op. cit., pág. 140.



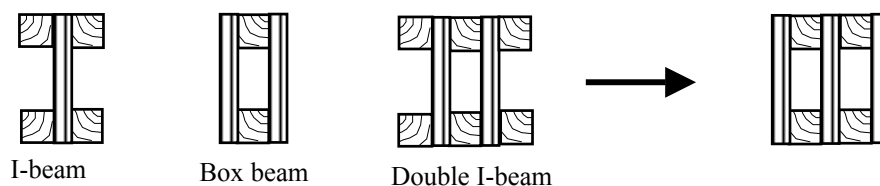
Otra posibilidad de listón es la siguiente: utilizar “cartelas de triplay” para realizar los ensamblajes medios, centrales y de esquina.<sup>2085</sup>



Este sistema, junto con otros, es empleado en países pobres para hacer construcciones de madera clavadas.

#### 11.2.1.5.5 Listón-triple hueco de canto.

Es producto de un proceso lógico que deriva también de las vigas con perfil en “doble T”.



<sup>2085</sup> En construcción reciben el nombre de “nudos”.

A este tipo de viguetas prefabricadas, en la construcción, se les denomina “plywood web beams”, viguetas prefabricadas con madera-tablero. También las hay con almas metálicas: alma de chapa plegada u ondulada (neil web), alma de celosía metálica o vigas de conector diagonal de chapa (metal web), etc., pero estas no son nuestro objetivo.

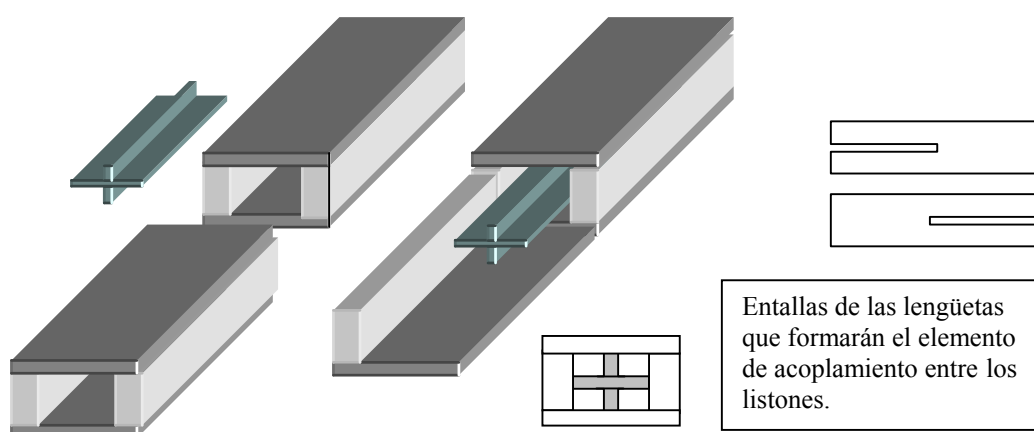
El alma suele estar formada por tableros contrachapados o por tableros OSB y la cabeza suele estarlo por madera natural o microlaminada. Suelen estar encoladas con adhesivos de tipo fenólico.

#### 11.2.1.5.6 Accesorios para ensamblajes de listones huecos.

Estos accesorios conectan las distintas partes del bastidor.

##### - Para empalmes.

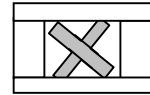
Para realizar empalmes podemos utilizar algo que se lleva usando algún tiempo para realizar estructuras de cubierta con tubos de cartón. Se trata de realizar nudos de madera por medio de lengüetas que encajan en los tubos a presión<sup>2086</sup>. En nuestro caso vamos a emplear algo similar pero en nuestros listones cajón, también huecos aunque de sección rectangular, normalmente.



<sup>2086</sup> Para más información vid., *Aitim, Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2001, págs. 35-42.



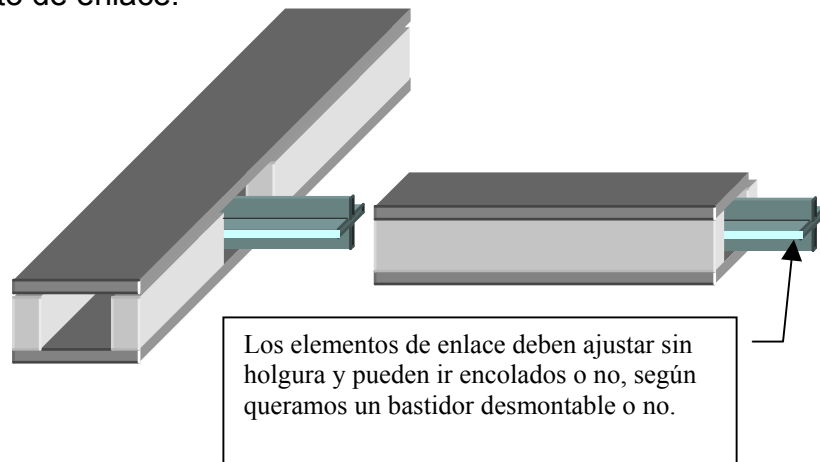
El acoplamiento también puede hacerse rotando el elemento acoplador.



La longitud de dicho elemento será el doble de la anchura del listón como término medio.

- **Para ensamblajes medios.**

Puede utilizarse el sistema de lengüetas comentado en el punto anterior. Para ello hay que abrir un paso en el listón por donde pueda penetrar el elemento de enlace.



- **Para ensamblajes de esquina.**

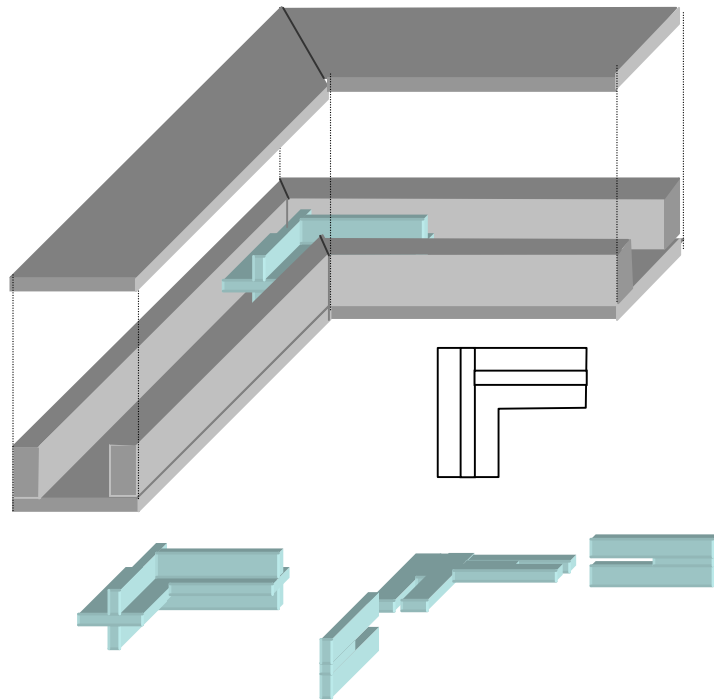
Puede utilizarse también el sistema de lengüetas comentado en los puntos anteriores. El elemento de enlace deberá formar ángulo recto, por ser los formatos cuadrangulares los más utilizados, pero podría tener un ángulo distinto adaptándose al diseño del bastidor.

Además los listones tienen que cortarse a inglete para poder utilizar este sistema.

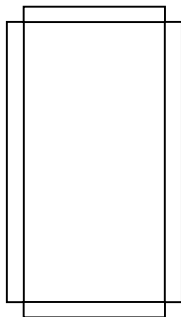
Otra posibilidad es introducir piezas de unión más sencillas (cuadrangulares y huecas, aunque también podrían ser macizas) en un bastidor tipo cajón pero con la singularidad de que no forma ningún ángulo (inglete) en el que los listones cierren el perímetro. Ambos listones presentan su sección en cajón, con lo que las uniones de tableros con tableros puede hacerse en cualquier sentido, derecha-izquierda, arriba-abajo.

Si el bastidor es sencillo (dos largueros y dos testeros) los ensamblajes de esquina se realizarán con piezas en forma de “L”.

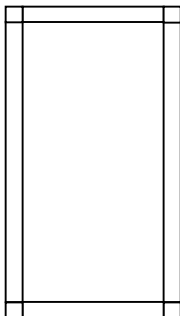
Es un sistema parecido al que se utiliza en la conexión de tuberías llamado “de enchufe y soldadura”, solo que aquí la soldadura se sustituye por el encolado, que hace el mismo efecto en la madera.



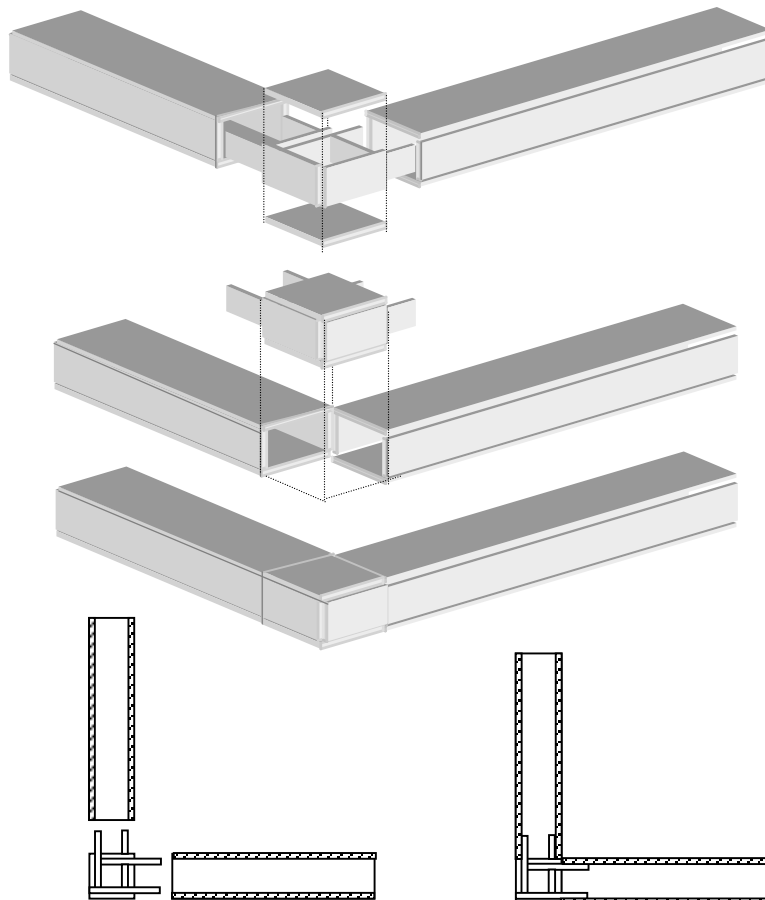
La misma solución con una pieza maciza.

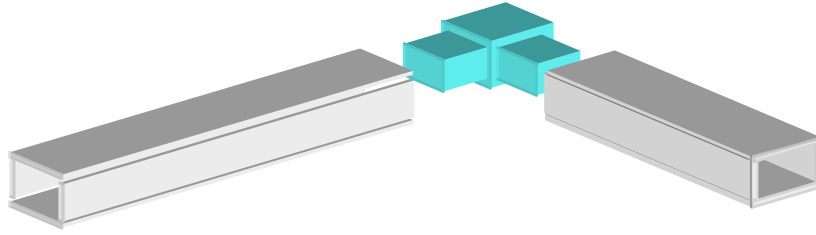


Este es el aspecto que tendría el bastidor sin las piezas de unión.

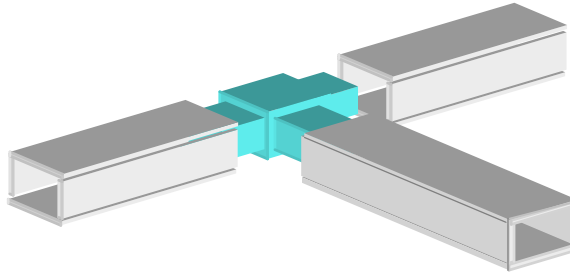


El bastidor con las piezas de unión.

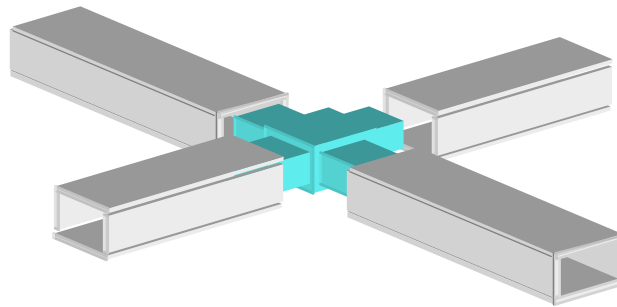




Si se tratara de un ensamblaje medio, la solución pasa por hacer una sencilla pieza en “T”



Si se tratara de ensamblajes centrales utilizaríamos el mismo sistema.

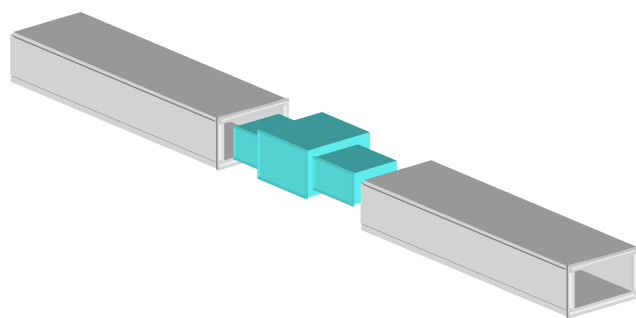


Los empalmes resultan mucho más fáciles de realizar, sobre todo los que sirven para aumentar la longitud de los listones. Si la escuadría es pequeña puede utilizarse simplemente un trozo de listón con la escuadría igual a la del interior de los listones huecos. Si se quiere mayor ligereza puede hacerse la pieza de unión hueca.

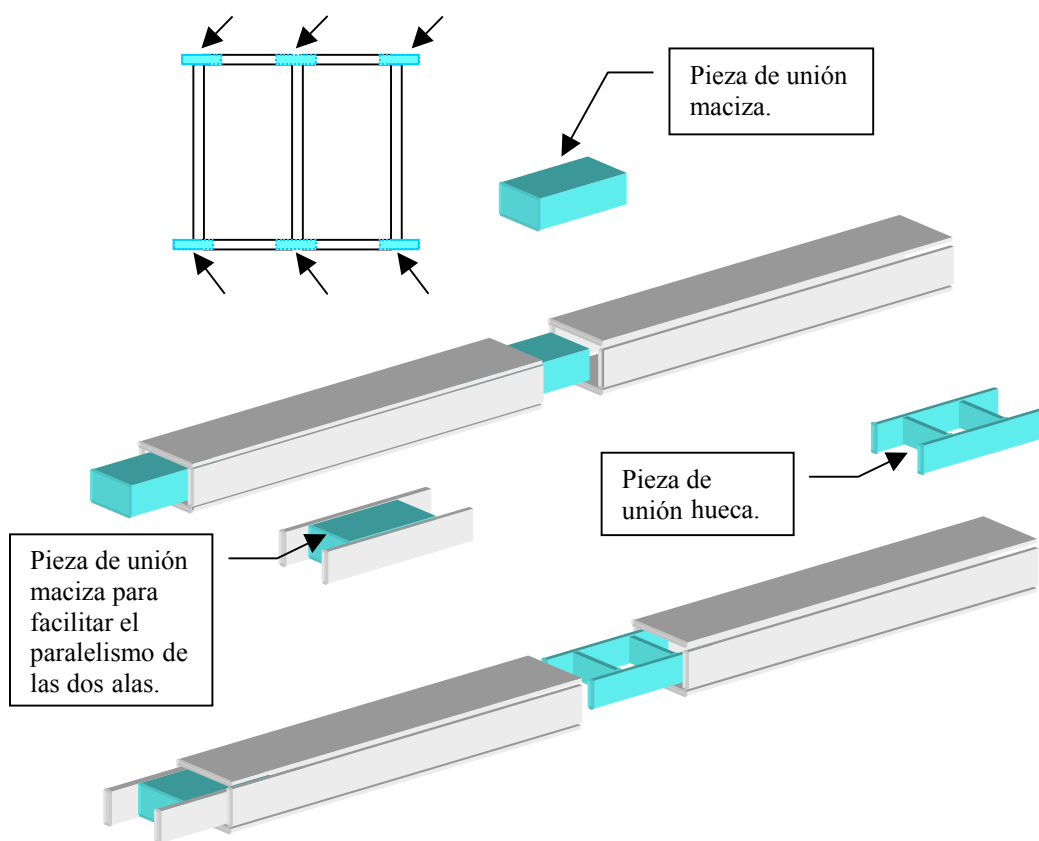
También tenemos otra posible versión maciza para los empalmes de listones huecos.

El utilizar piezas macizas junto a piezas huecas hechas de tablero contrachapado entraña un pequeño riesgo de dilataciones y contracciones diferentes

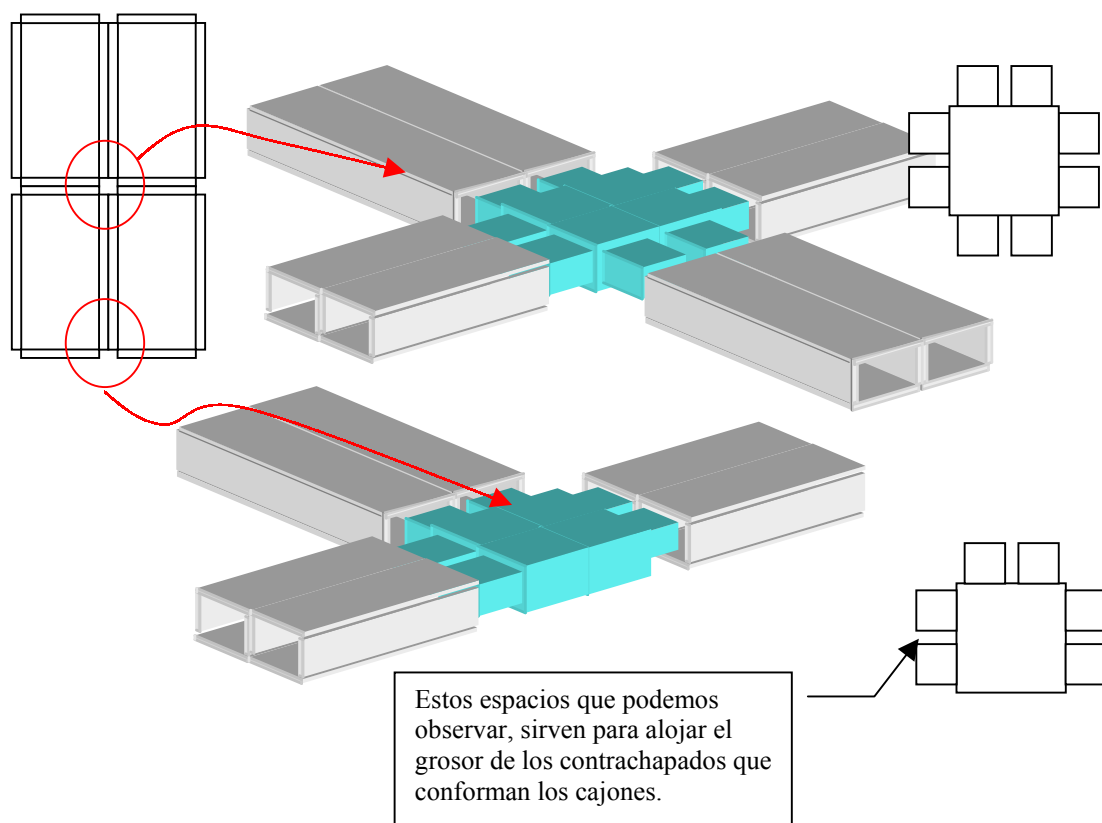
Vamos a utilizar un elemento de conexión ajeno a los listones que vamos a ensamblar y al que se puede denominar “manguito de conexión”.



Con estos empalmes también podemos aumentar la superficie por unión de dos bastidores sencillos. Las uniones señaladas en el dibujo se efectuarían con piezas de unión en “cajón”, es decir, vamos a usar una pieza de ensamblaje hueca que ayude a esa unión y que además cierra el perímetro del bastidor para permitir el tensado de telas por medio de grapas o tachuelas, o el encolado o tensado de papeles



Si quisiéramos fabricar un bastidor con la suma de varios de formato menor, podríamos utilizar los listones cajón sencillos y unas piezas macizas para realizar el ensamblaje correctamente.



## 11.2.2 Tableros.

Los principales problemas de los alabeos de los tableros derivan de bastidores mal contruidos, de bastidores bien contruidos pero con listones alabeados o de ambas cosas. También existen alabeos en los tableros por ser estos de poco de grosor y carecer de los peinazos o travesaños necesarios que eviten el hundimiento del tablero al aplicarle encolados o aparejos.

### 11.2.2.1 Tableros compuestos.

Son aquellos tableros contruidos con madera y derivados, pero a los que se les incorporan otros materiales de naturaleza totalmente distinta a aquellos.

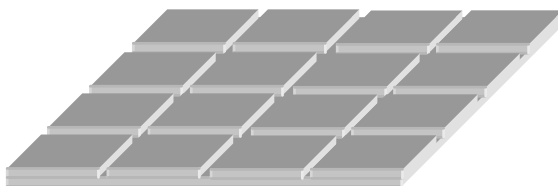
Tableros de este tipo no son el objeto de nuestro estudio.

### 11.2.2.2 Tableros macizos.

***Reverso de estos tableros:***

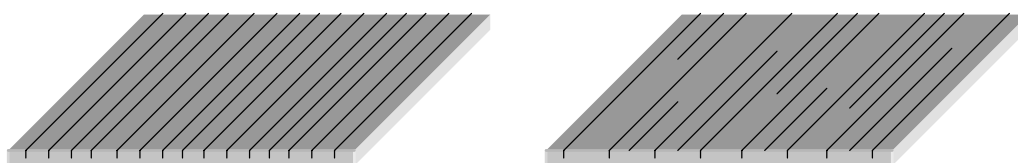
*Para tableros de todo tipo:*

Traseras con ranuras para prevenir la acanaladura del tablero.

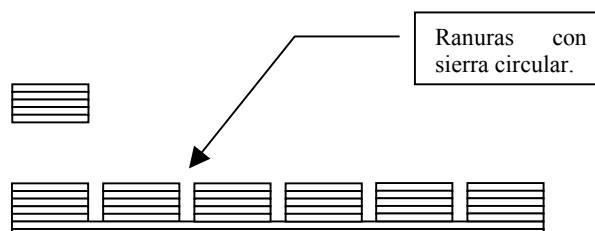


Puede hacerse en tableros de todo tipo y luego incorporarle el bastidor.

Otra posibilidad a tener en cuenta son las “microfisuras” o “microjuntas” de dilatación distribuidas por todo el soporte.



También pueden hacerse con la sierra circular pero los canales tendrán el mismo grosor que el de la sierra que los produzca, es decir, un grosor relativamente ancho.



Las juntas de dilatación deberían estar presentes en tableros de grandes dimensiones con el fin de prever los movimientos de dilatación y contracción de los tableros: «(...) Las variaciones dimensionales de los tableros son del orden de 1 mm por metro lineal [en los tableros aglomerados, por ejemplo]»<sup>2087</sup>.

Pueden estar rellenas, como ya hemos comentado, con corcho o con espumas, también incluso con listoncillos de madera de balsa.<sup>2088</sup> Podrían también recubrirse con masillas que sigan ese movimiento.

*Obtención de tableros alistonados de retales de piezas de madera laminada.*

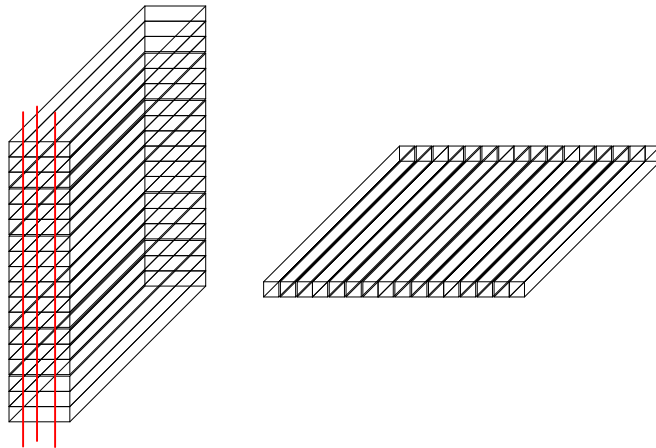
<sup>2087</sup> Joaquín Grau Enguix, op., cit., pág. 209.

<sup>2088</sup> Pueden comprarse en tiendas de modelismo.

Podemos obtener la longitud que queramos en función de la longitud de la pieza que vayamos a utilizar. El grosor también lo podemos elegir, pero el ancho va a ser el que nos dé la pieza usada, aunque podrían encolarse varios en anchura, pero surgirían problemas de prensado.

Otros problemas que podrían surgir serían:

- Por ejemplo, el obtener sierras de cinta tan grandes para poder cortar los tableros.
- Que los anillos tendrían orientaciones poco deseables, y sería muy difícil que fueran perpendiculares a las superficies usadas como cara pictórica.



Con la madera microlaminada sería todo más sencillo y daría mejores resultados.

*Interesantes son los tableros con **gofrado textil**:*

- En ellos no hay movimientos de deformación estructural.
- Tiene una impresión en su/s cara/s con aspecto de tejido.
- Se puede aparejar por una sola cara.
- Altamente resistente a la abrasión.
- La película fenólica superficial aguanta mucho mejor condiciones extremas de hinchazón y merma si apenas deformarse.
- No se necesita tapaporos.
- Perfecto agarre de aparejos sintéticos.

- Con los aparejos naturales podrían surgir problemas de agarre por la naturaleza plástica de la película fenólica, pero el gofrado de su superficie ayuda al fijado de estos aparejos. Experiencias personales con estos aparejos aplicados sobre superficies tan poco absorbentes y plásticas como la fibra de carbono han dado como resultado su permanencia en dicho soporte desde hace diez años, sin que se observe deterioro alguno.
- Encolado de papeles, telas, etc.
- Excelente soporte para encáustica, pastel, materias de carga...
- Utilizar los gofrados como soporte para aplicar encima aparejos sintéticos sin problemas. La apariencia textil de algunos recubrimientos lo aproximan a las tablas enteladas.
- No necesitan sellado de cantos porque ya lo traen de fábrica (se refiere al tablero completo.) Esta cuestión es importante tanto desde el punto de vista técnico como estético. A niveles industriales suelen utilizarse pinturas acrílicas pero hay más soluciones:

(...) En los trabajos que tengan que quedar ocultos, podría bastar una pincelada hecha con cola o pintura sintética. Mejor sería un recubrimiento con tapaporos o aparejo compuesto de laca celulósica con dextrina en polvo, la cual se lija y alisa una vez seca. (...) La solución más idónea es chapear el canto.<sup>2089</sup>

- Seguramente no necesiten bastidor.
- Tienen una apariencia bastante variada: lisa, rugosa, de diamante, botones, rejillas, etc.

- ***Para fabricar tableros de alma enlistonada.***

Utilizar tableros laminados o a la veta.

Cortamos tiras del grosor que se le va a dar al tablero y así todas las tiras tienen la misma dirección de veta.

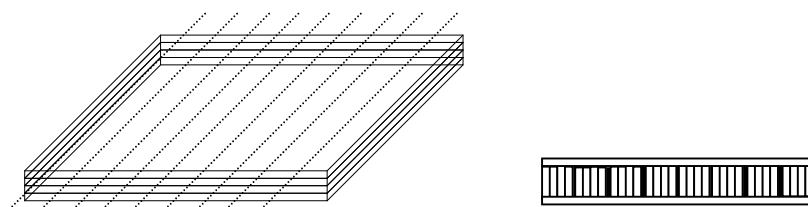
---

<sup>2089</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 216.



Se van a producir líneas de cola más anchas en estas nuevas uniones.

La veta va a tener dirección vertical en todas las chapas, que es lo que nos interesa.

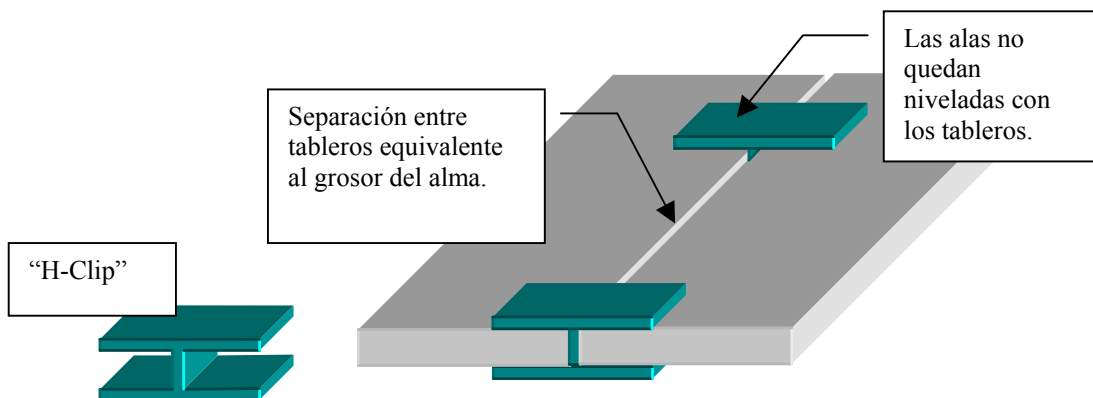


*Unión de tableros realizados por encolado paralelo de tableros contrachapados.*

Esta solución puede emplearse cuando disponemos de dos o más tableros, de esas características, y queramos unirlos para obtener un tablero mayor y no queramos perder longitud utilizando un machihembrado.

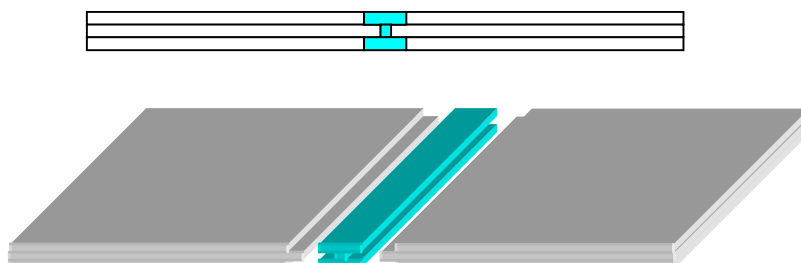
Vamos a utilizar para ello una pieza que denominamos “grapa de tablero en doble T o en H”.

Dicho dispositivo deriva de lo que en la industria se denomina “H-Clip”. Se utiliza para la unión de tableros derivados de la madera y es metálica. Su aspecto es como sigue:



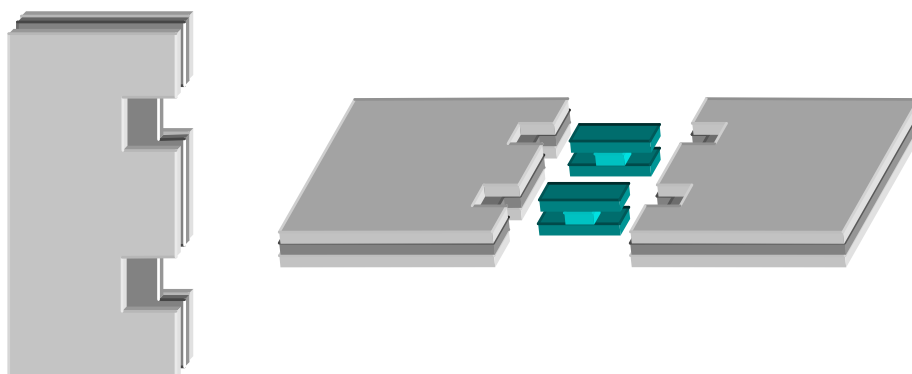
Nosotros no podemos utilizar este sistema sin realizar cajeados en los tableros. Al ser piezas metálicas tendríamos que recurrir a adhesivo de tipo epoxi para encolarlas debidamente a los tableros. Asimismo su coeficiente de dilatación es diferente al de la madera.

El sistema que vamos a ver de “grapa corrida”, o grapa longitudinal a todo lo largo de los dos tableros, es apto para tableros con los cantos con terminación “macho”. Este tipo de grapa no deja de ser un listón con perfil de “doble T”.



En formatos grandes este sistema necesita refuerzos adicionales.

En el caso de tableros de cantos rectos podemos optar por nuestra grapa o llave y “coser” nuestros tableros.



### 11.2.2.3 Tableros perforados o taladrados.

- Los más sencillos son los tableros de fibras duros “Tablex perforado”. Consiste en un tablero de 3 mm de grosor que lleva una serie de taladros de 3 mm<sup>2090</sup> de diámetro, repartidos uniformemente cada 15 mm.

Son perfectos para usar como traseras de soportes rígidos o de los bastidores para telas, porque así permite una perfecta aireación. Si además

---

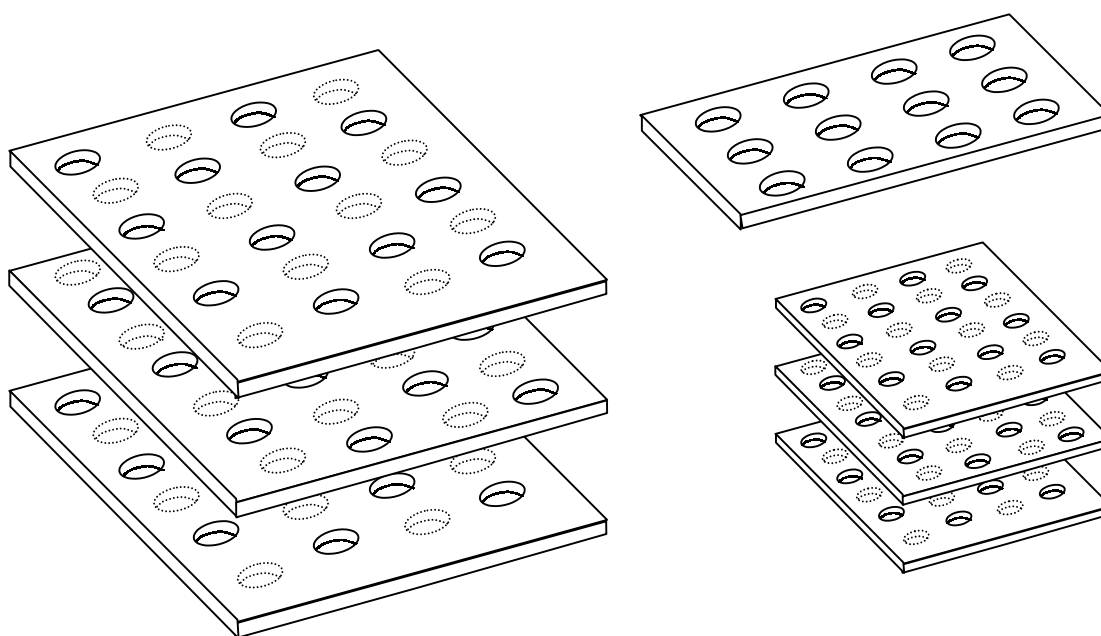
<sup>2090</sup> Tableros más antiguos tienen taladros de 4 mm y otros, como ya dijimos sus perforaciones tenían forma de cruz.

van atornillados y no encolados, permiten una adecuada limpieza de la trasera.

- Podemos construirlos nosotros por encolado de varios tableros ya perforados y haciendo, o no, que coincidan dichos taladros. Formados en este caso por contrachapados cuyos taladros no coinciden con los taladros de los contrachapados adyacentes.

También podría estar formado (el tablero) por chapas ya taladradas de fábrica fabricándose así un tablero mucho más ligero.

La chapas de cara podrían venir o no venir taladradas según usos: en caso de tableros para entelar o para aparejar, sería preferible que una de las chapas de cara no venga taladrada.



<b>Relación de diámetro del agujero con la superficie que supone</b> $(S = \pi R^2)$	
<b>Ø (en mm)</b>	<b>Superficie (en cm<sup>2</sup>)</b>
4	0,12
5	0,19
6	0,28
7	0,38
8	0,50
10	0,78
12	1,13

Teniendo estos datos es fácil hacerse una idea del ahorro en peso que puede producirse (al igual que hacíamos con los listones) en función de los diámetros y la cantidad de taladros repartidos por todo el tablero.

#### *Capa de intervención.*

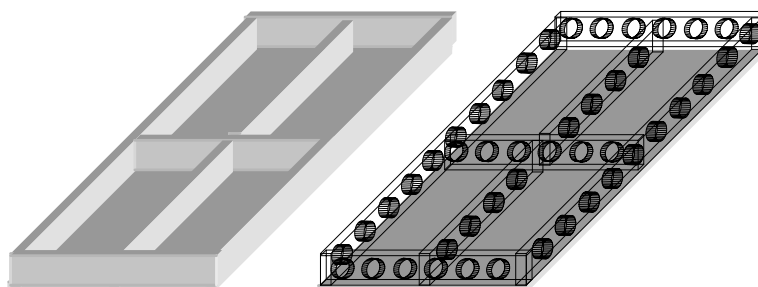
El tablero contrachapado (de buena calidad, se entiende), en sí, es un soporte ideal que, por su propia configuración, lleva consigo una capa de intervención.

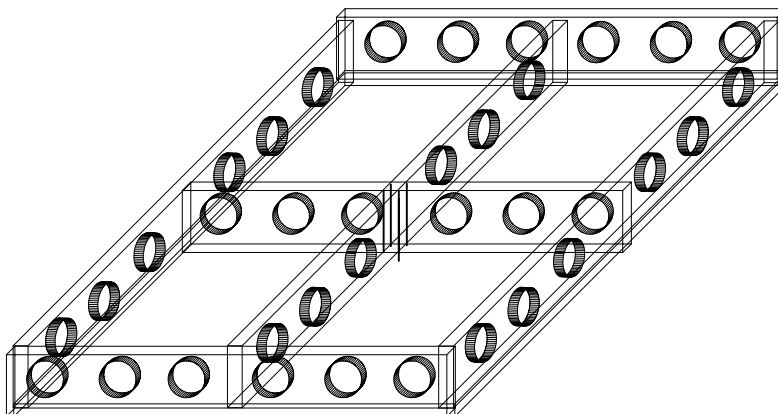
Si el bastidor, los refuerzos o el propio tablero-soporte se deterioraran y hubieran de ser restaurados, se podría ir eliminando chapa a chapa o las que fueran necesarias de una vez, ya que pueden apreciarse perfectamente cada una de ellas, al estar encoladas con una orientación de 90°. De esta manera podríamos parar su eliminación, al llegar a fibras que tengan una orientación perpendicular a las que estamos eliminando.

Con los tableros encolados con resinas de melamina, resorcina, fenol, es más fácil por su color oscuro. Si la resina no estuviera coloreada, podríamos colorearla nosotros con el color que quisiéramos y de esta manera detectar rápidamente el límite a donde queremos llegar. Esto es perfectamente realizable ya que en Finlandia ya se hicieron prácticas con tableros OSB, pero, en vez de teñir el adhesivo, se tiñeron parte de las fibras con distintos pigmentos para crear un tablero decorativo.

### **11.2.3 Soportes.**

Posibilidad de combinación de los diferentes listones y tableros. Las diferentes opciones o propuestas parten de una base común, por ejemplo, partiendo de un **bastidor de canto**, ordinario, hacer modificaciones que aligeren peso, abaraten costes, faciliten su montaje, etc.



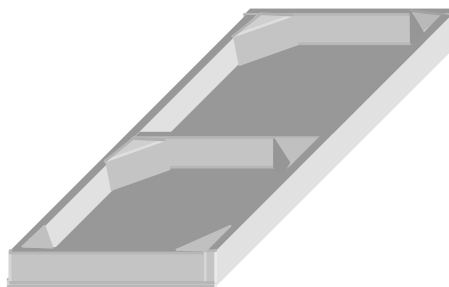


Vamos a partir de tableros, refuerzos, bastidores, etc., tradicionales y utilizando otros materiales o manipulando estos mismos, vamos a construir bastidores más seguros, ligeros, baratos, de mayor dimensión, etc. Es decir hacer todo eso pero con intención de economizar, reciclar, con interés pedagógico, etc.

#### ***Soporte MDF.***

El tablero, el bastidor y los refuerzos de esquina son de MDF.

Malos resultados. Sufre muchos alabeos.

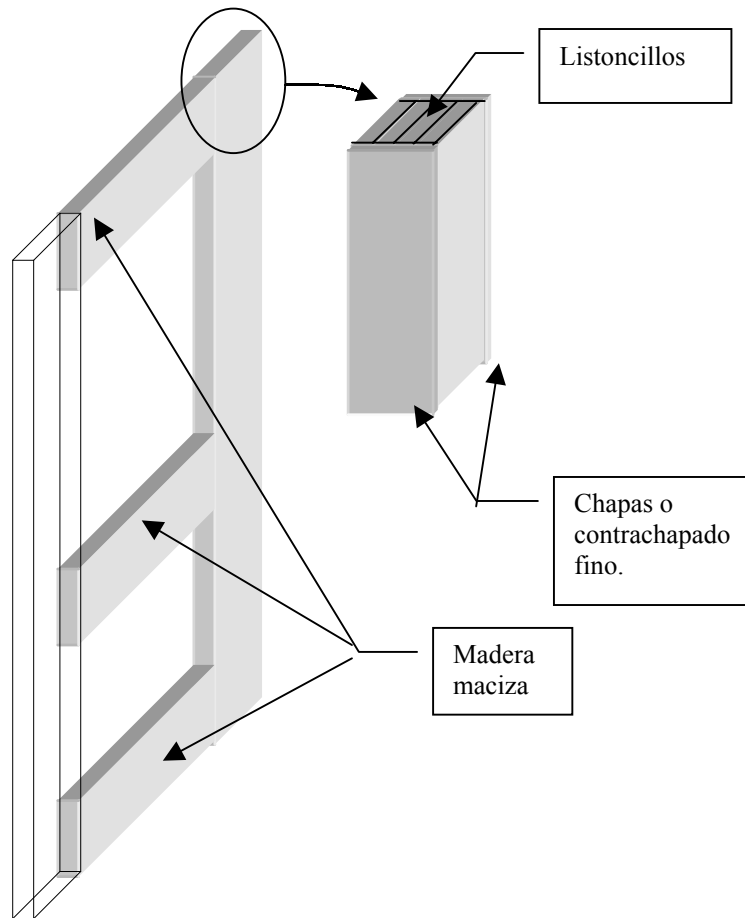


#### ***Bastidores de tablero alistonado:***

Ya desde Spannagel se era consciente de la importancia de los alistonados para reducir movimientos en los bastidores:

Cuando se tenga que realizar un **bastidor de poca anchura y grosor** que se alabearía con facilidad si se ejecutara de madera maciza, será mejor proceder, tal como se indica, a un aplacado de varios regruesos. Los travesaños de poca dimensión pueden ser de madera maciza. Esta solución es muy apropiada para marcos que tengan que soportar cristales

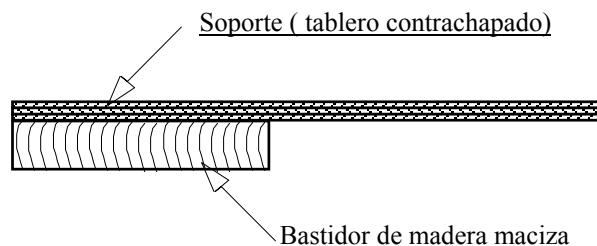
o lunas de mucho peso, como son puertas cristaleras o marcos para espejos.<sup>2091</sup>



**Soporte** (bastidor + tablero, en este caso) **realizado al completo con contrachapado.**

Uniones machihembradas.

Este tipo de tablero puede generar problemas de alabeo si no se cuida el diseño de los listones: encolar en paralelo tiras de contrachapado entre sí genera mucha flexibilidad al listón y dificulta la resistencia del soporte al alabeo. Con rigidizadores de borde o listoncillos perimetrales perpendiculares a estos se evita parte del problema.



Este sistema bien realizado puede resolver antiguos problemas de dilataciones distintas por la utilización

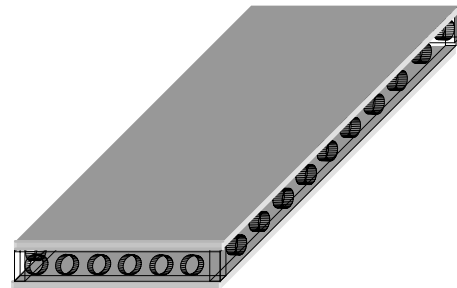
<sup>2091</sup> Fritz Spannagel, op. cit., pág. 120.

de distintos materiales: madera maciza para bastidores y refuerzos y contrachapados para formar los tableros:

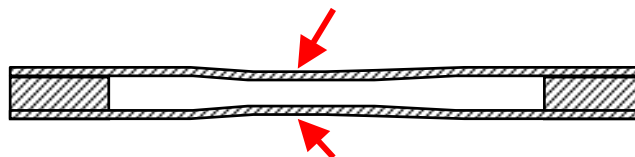
Evitar el uso de la madera maciza y contrachapados juntos en la misma pieza de mobiliario, especialmente si ha de haber una junta enrasada visible. Si es inevitable esta combinación de materiales para unir las piezas, no debe utilizarse el encolado, ya que el contrachapado y la madera maciza reaccionan de forma distinta en el secado de la cola y ante las condiciones atmosféricas. (...) Sí pueden combinarse en el tratamiento de los cantos. (...) La cola debe aplicarse a las dos superficies a unir y las piezas apretarse juntas durante varias horas.<sup>2092</sup>

### ***Tableros isoplanos:***

Por ejemplo, aquí tenemos un **bastidor taladrado** recubierto por dos caras de contrachapado. Ambas pueden ser útiles o una de ellas puede ser de peor calidad, pero entrañaría problemas de tensiones ya que, como ya dijimos, si la construcción es de tipo simétrico, se establece un equilibrio de tensiones.



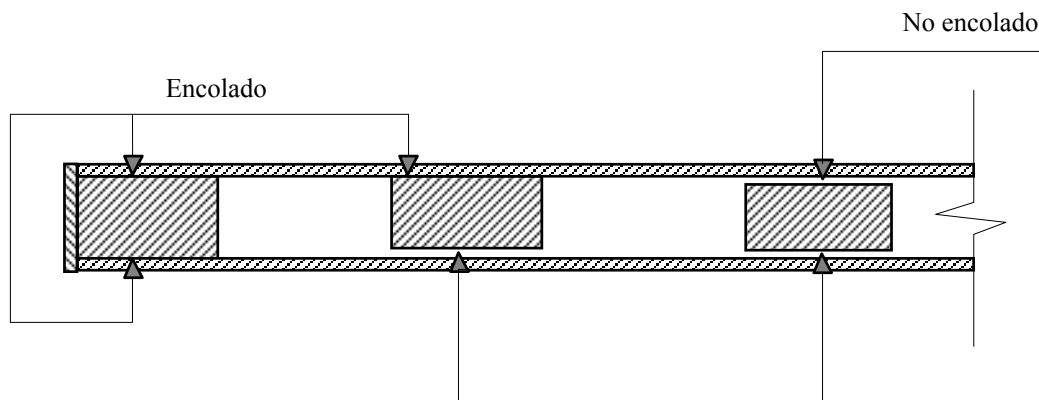
Este tipo de tableros puede generar problemas puede hundirse el centro si el tablero es delgado (3-5 mm) y no dispone de las crucetas y/o peinazos necesarios. Puede incorporársele espumas de poliuretano o poliestireno para evitar ese hundimiento, pero estaríamos ante los tableros y soportes compuestos.



La solución al problema pasaría por incorporar a esos soportes las crucetas, peinazos y largueros necesarios. Pero si dichos elementos se encolaran a esos finos tableros, el efecto (hundimiento) seguiría produciéndose.

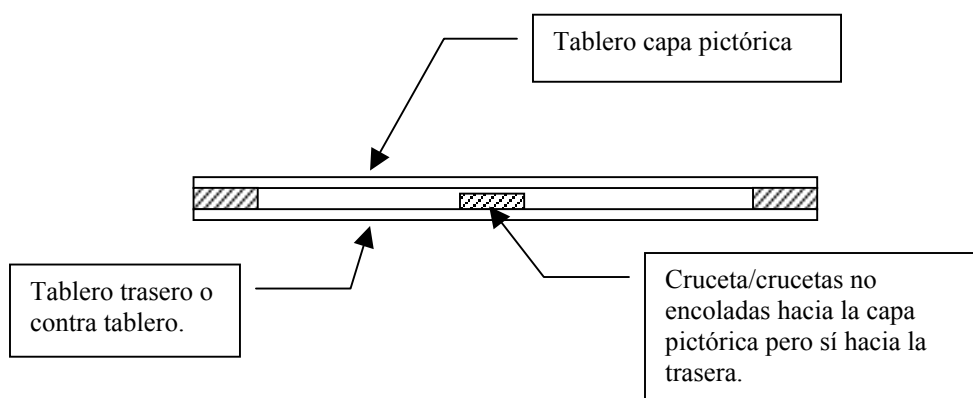
---

<sup>2092</sup> Fabro, op. cit., pág. 5.



Sección transversal mostrando como debe encolarse el contrachapado para reducir las deformaciones.

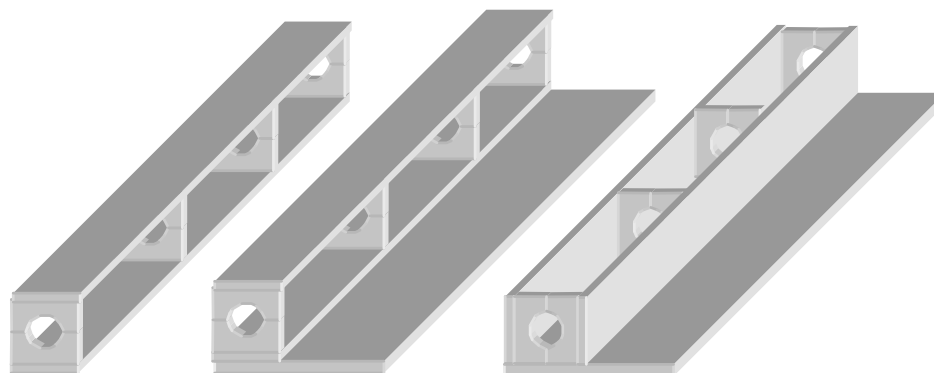
Estos problemas han tenido siempre fácil solución en ebanistería. La solución consistía en no encolar los peinazos centrales<sup>2093</sup>. Lógicamente los perimetrales si van encolados. Con esta disposición se permite el libre movimiento de los tableros y se evitan estos problemas. Aunque,



evidentemente, la mejor solución es utilizar tableros de grosores superiores.

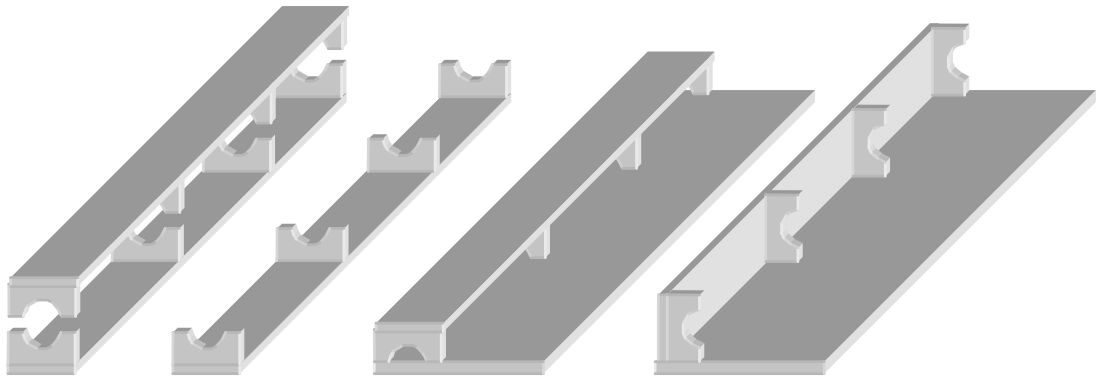
### **Listones para bastidores:**

### **Deriva del sistema utilizado en la fabricación de paletas (palets).**



<sup>2093</sup> Vid. Fabro, op. cit., Pág. 46.

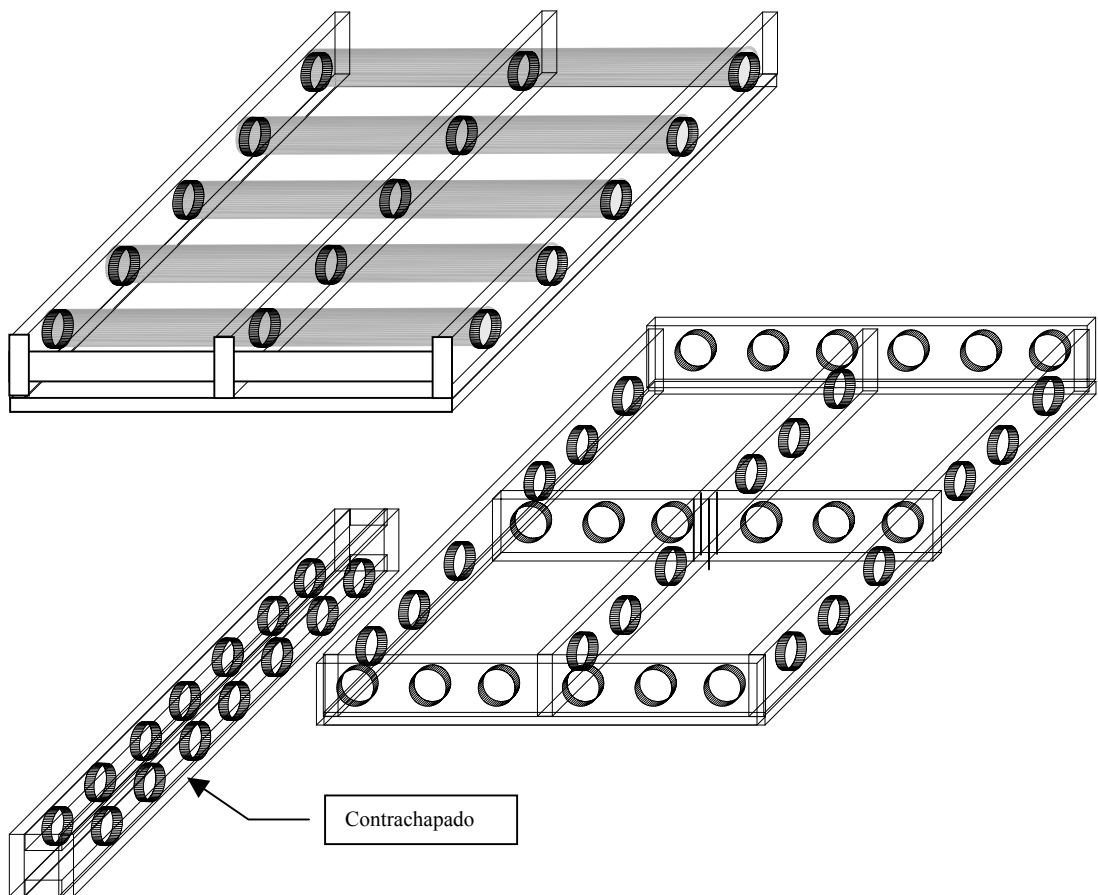




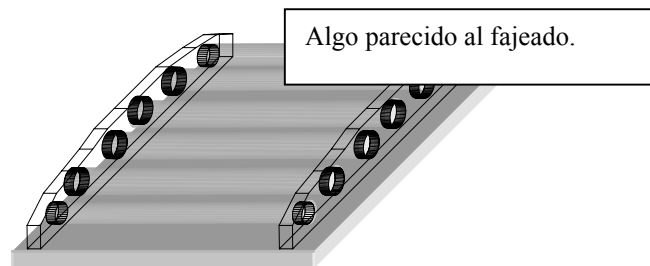
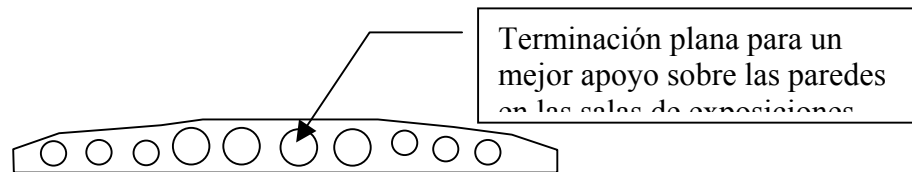
***Listones fijos a favor de veta y los móviles a contraveta.***

Sistema basado en el tradicional engatillado.

En este caso los barrotes móviles no tocan el soporte, pero realizando el taladro en el sitio apropiado se soluciona. También pueden utilizarse barrotes seccionados al hilo por su centro. De esta manera obtendríamos, de cada cilindro, dos barrotes de menor sección.



De mayor a menor tensión: variar el grosor de los listones y varillas.



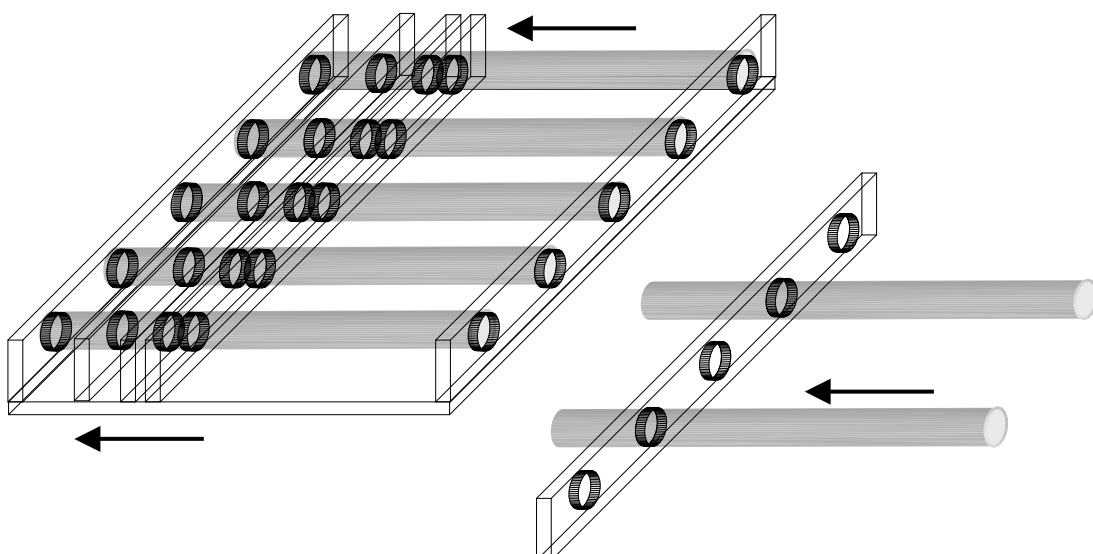
Espigas de madera de haya para bastidores pequeños o como refuerzo.

Aprovechar las acanaladuras que tiene.

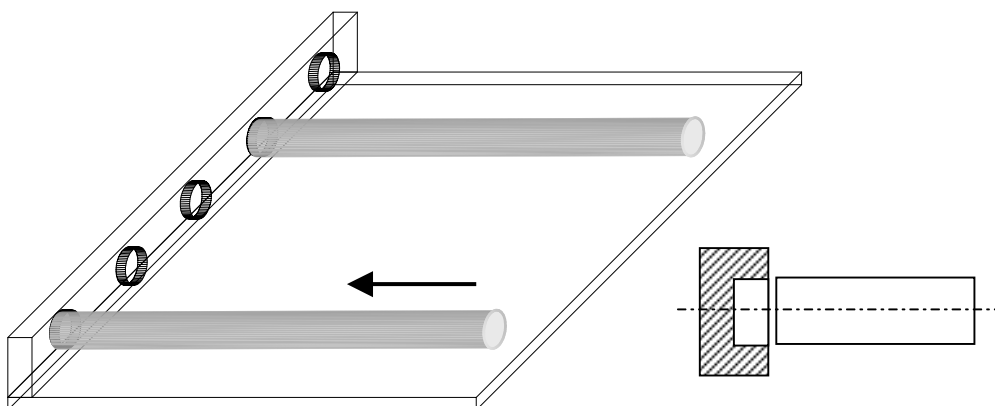
Listones agujereados, móviles y pasantes para los listones interiores. Estos listones, después de ubicarse correctamente pasan a encolarse para convertirse en los listones fijos del refuerzo.

Pueden ser de contrachapado.

Los peinazos y/o largueros interiores van taladrados para aminorar peso y favorecer la ventilación.

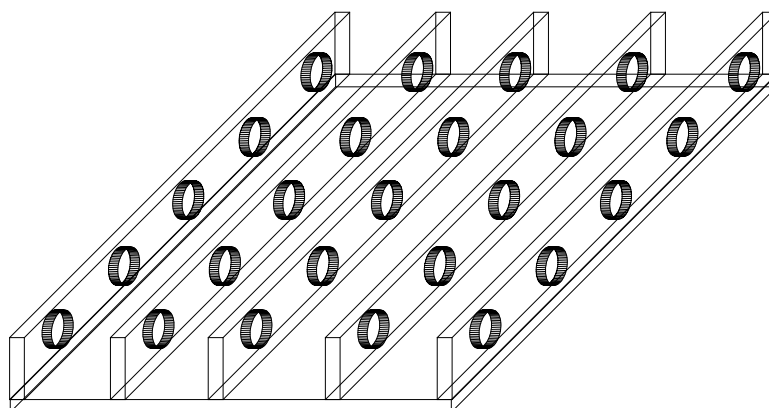


Listones perimetrales ciegos para que no se salgan los listones móviles con agujeros pasantes..<sup>2094</sup>



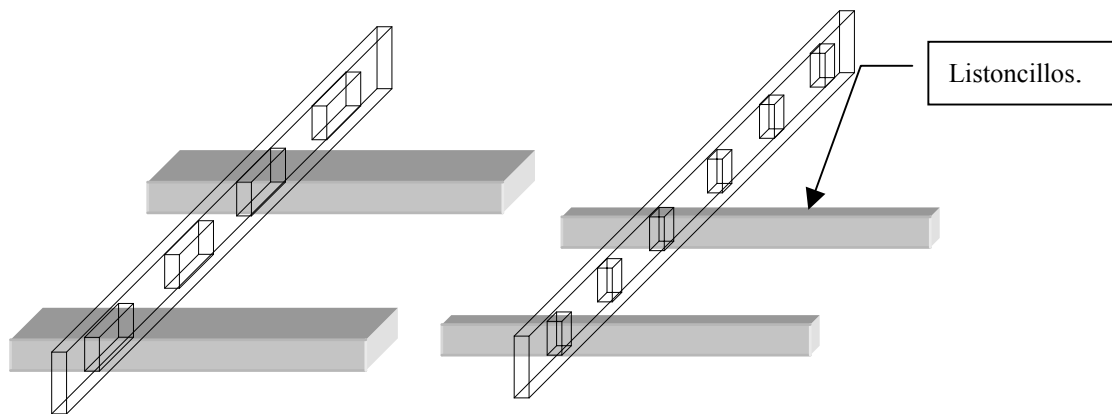
Encolando primero los listones de los extremos (para eso uno de ellos debe tener el taladro pasante) podemos ayudar aun mejor encolado de los otros peinazos o largueros al incorporar las barras cilíndricas.

Los peinazos y/o largueros interiores van taladrados para aminorar peso y favorecer la ventilación.



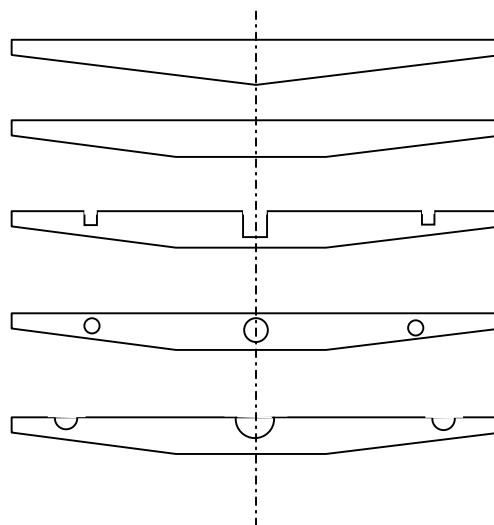
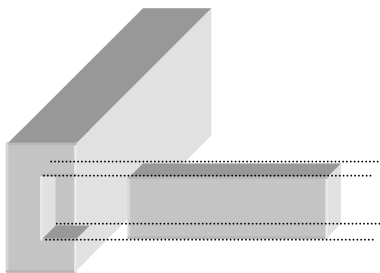
Otra posibilidad: Podemos hacer cajas pasantes o mortajas, de sección cuadrada o rectangular. Pueden ir colocadas, en el caso de las rectangulares, horizontal o verticalmente. Esta última posibilidad puede originar que los listones fijos sean más anchos para permitir que los listones móviles puedan colocarse también en vertical. Tiene la ventaja de ejercer mayor refuerzo para evitar acanaladuras del soporte.

<sup>2094</sup> Existen brocas adecuadas para este fin. Los avellanadores también pueden usarse pero dejan el fondo cónico.

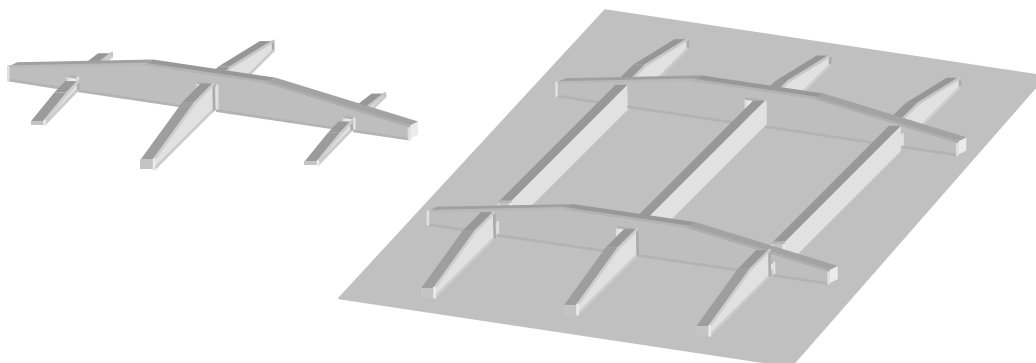


Igual que en el caso de los listones cilíndricos móviles, aquí podemos realizar las mortajas pasantes y pegadas al tablero, para que éste y los barrotes prismáticos estén en contacto íntimo.

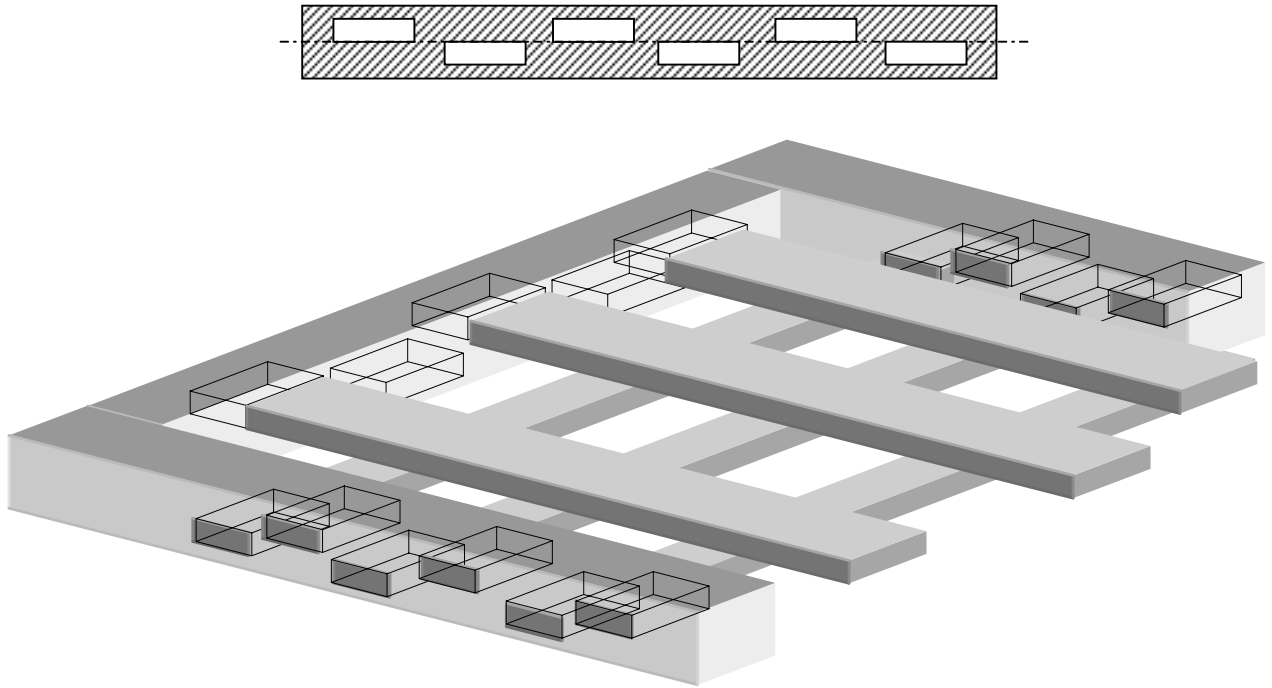
En este caso también pueden hacerse los listones perimetrales ciegos.



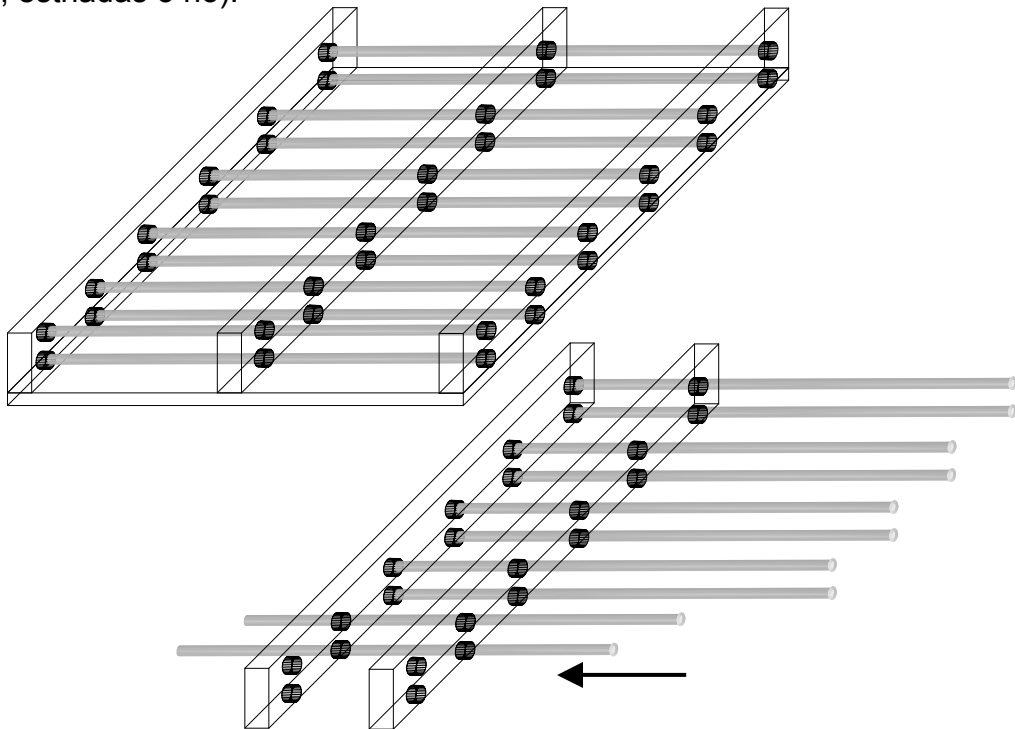
Engatillado más tradicional:



Esta otra disposición de las cajas permite que los largueros y peinaos puedan cruzarse entre sí sin necesidad de hacer cajas a media madera. Asimismo facilita la aplicación de presión en esos puntos de contacto, además podemos elegir qué cajas usamos, si las de arriba o las de abajo.

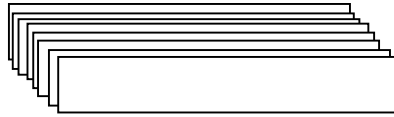


Cilindros más finos (para formatos pequeños utilizar las espigas de haya, estriadas o no).



### **Listones formados con chapas de cantear:**

Encolado de multitud de chapas para formar los listones.  
Aprovechamiento de restos de cantear o rechapar.



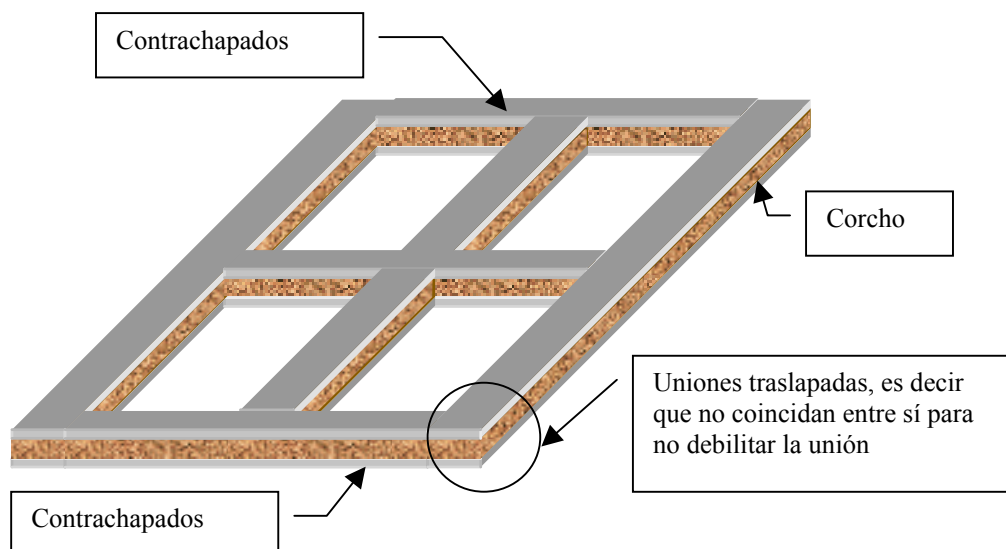
### **Listones con alma de corcho natural triturado.**

El corcho tendría forma de listón.

Si los contrachapados no van ensamblados entre sí, la estructura es muy flexible, porque el corcho no daría la suficiente rigidez en los ensamblajes.

Este sistema necesitaría rigidizadores de borde para aminorar la flexibilidad de los listones.

Ofrece la ventaja de aminorar peso. Sirve como aislante del tablero en el sentido de que, si fuera necesario, puede ser eliminada la capa más exterior de contrachapado sin que ello afecte a la otra capa de contrachapado que está en contacto con el tablero. Incluso (dependiendo del diseño) esta última capa de contrachapado podría eliminarse y así el corcho quedaría en contacto directo con el tablero soporte. Algo parecido a una capa de intervención para bastidores.



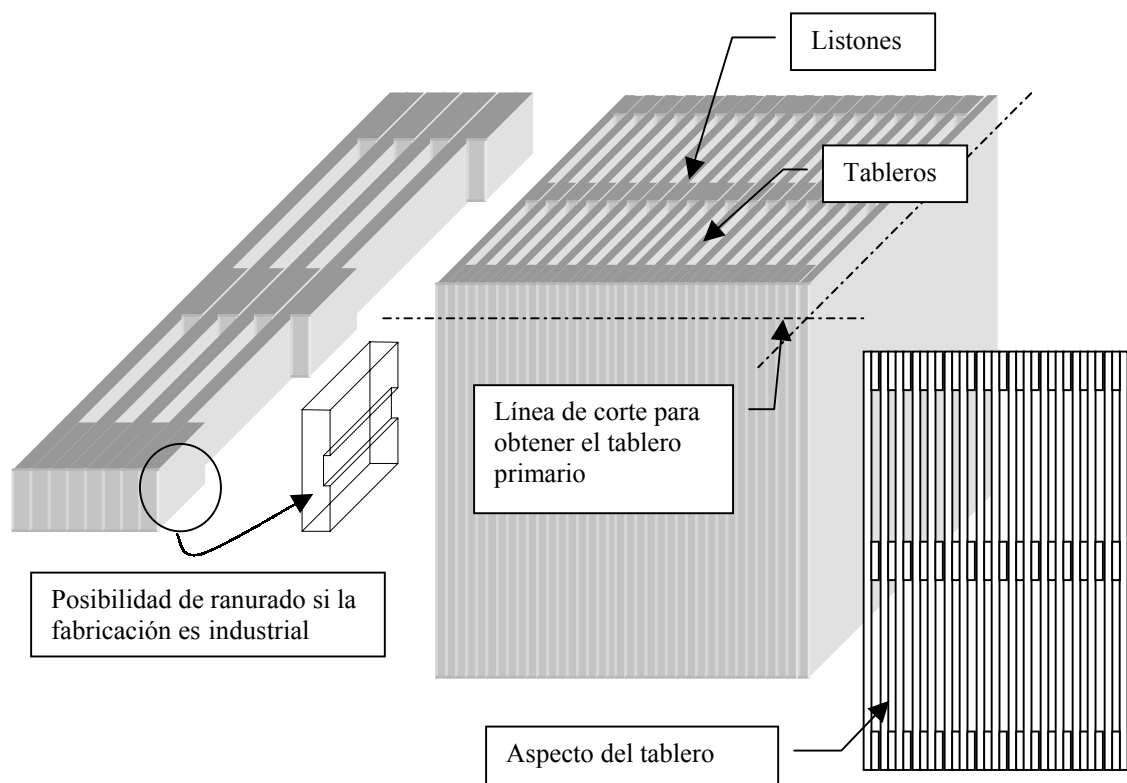
### ***Tablero de alma de listones:***

Este sistema es uno de los utilizados en la fabricación de puertas.

Se realiza con tiras de contrachapado, aprovechando los recortes y reciclando todos los sobrantes, como si fabricáramos una puerta.

Luego se pondría una tela, papel, etc.

Se puede partir de bloques formados por tableros y luego cortarlos.



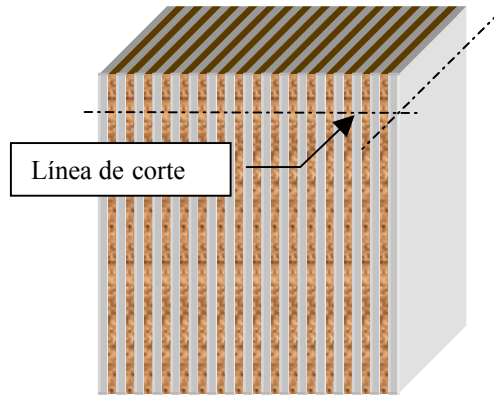
Uniendo varios de estos tableros conseguiríamos formatos superiores.

Está emparentado con el listón doble hueco de canto.

También se puede hacer simultaneando madera (chapa, contrachapado o contrachapado y chapa) y corcho.

Este sistema puede tener problemas de encolado con colas al agua, por la poca absorción del corcho. Esta poca absorción hace que las uniones permanezcan húmedas mucho tiempo por la imposibilidad de evaporación

del agua. Debemos, pues dar mas tiempo para que el conjunto se seque correctamente. Si fuera necesario pueden utilizarse secantes para acelerar los tiempos de secado.



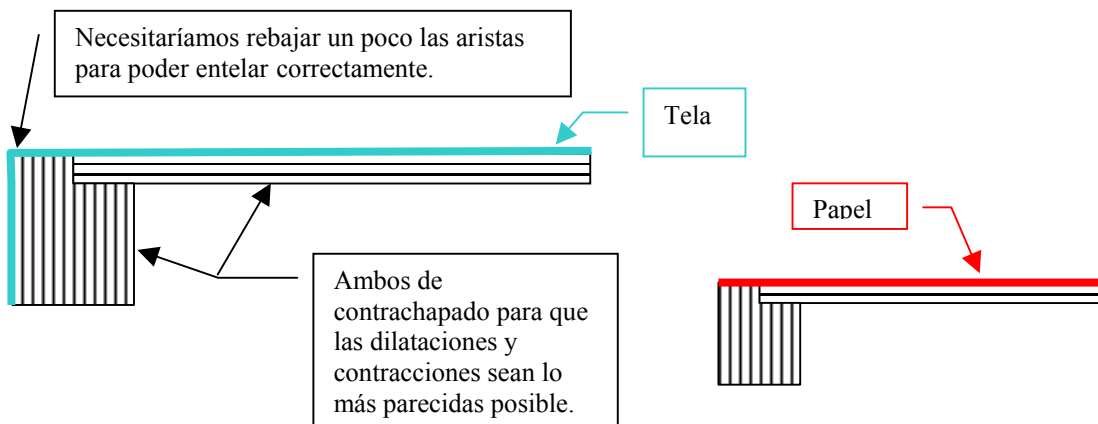
### **Marco rebajado:**

Usados en la construcción de marcos, también son aptos para la fabricación de bastidores con esas características concretas. Los listones hacen de bastidor y de marco a la vez.

Muy útiles en el montaje de exposiciones donde se requiere un canto de bastidor o de marco muy ancho.

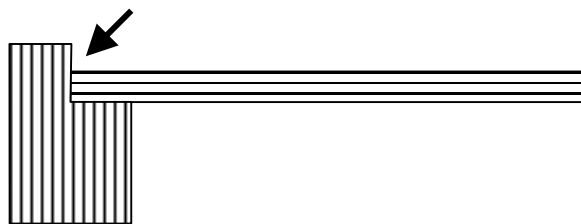
Sistemas de montaje idénticos a los fabricados con tiras de contrachapado con perfil en "doble T" con una de las alas rebajada.

En este primer caso puede disimularse la unión encolada entelando o empapelando el tablero.



En el siguiente caso, si se quisiera entelar el tablero, habría que hacerlo antes de incorporarle el marco. El empapelado sí podría hacerse después pero resultaría muy incómoda su colocación.



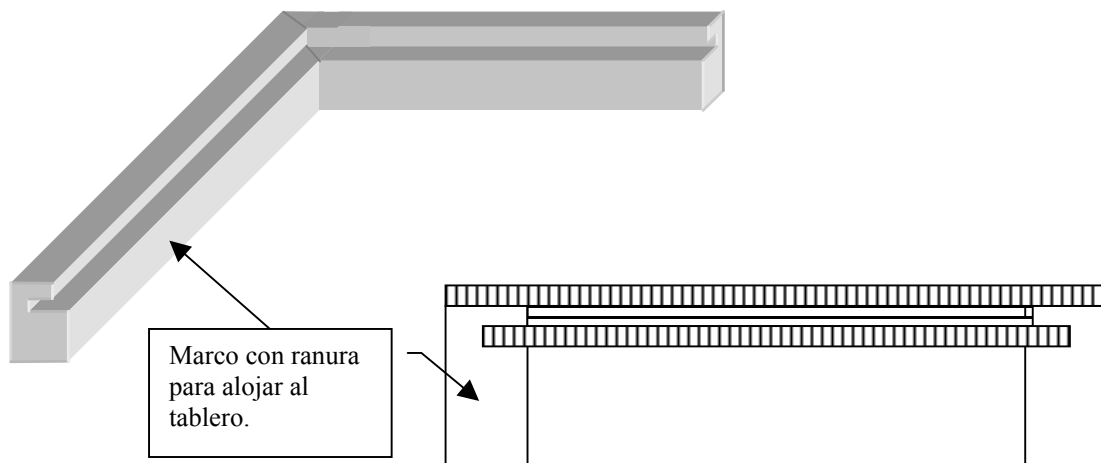


Esta otra posibilidad enlaza con los tableros de panel y plafón. El tablero no va encolado al marco. Con esto se permite el movimiento libre del tablero y se reducen las deformaciones estructurales. También es muy cómodo ya que posibilita el tratamiento del soporte o del marco de manera individual ya que puede desmontarse: el marco no tiene porqué estar encolado en todas sus piezas. Podemos dejar una de los listones sin encolar y, colocando una bisagra o cualquier otro tipo de herraje que posibilita la posterior apertura del marco, para así tener un fácil acceso al soporte:

Si se impide la hinchazón de una madera seca por la acción de fuerzas externas, se verifica una variación de la estructura celular en el sentido de que si se vuelve a colocar la madera en su grado de humedad primitivo mediante una nueva desecación, se comprueba que las dimensiones se han reducido, o sea que la contracción se ha hecho permanente. (...) Este fenómeno tiene una importancia trascendental en todos los trabajos **de fabricación de marcos o bastidores** y del que pueden derivarse dificultades para el ajuste de piezas. Si colocamos en una atmósfera de humedad elevada una pieza de madera a la que se impide la variación de sus dimensiones y otra enteramente libre, y se libera la primera al cabo de algún tiempo, se verificará en ella un aumento brusco de volumen, hinchándose mucho más deprisa en relación con la otra, pero sin llegar a alcanzarla en su volumen, manifestándose entre ellos una diferencia de hinchazón de un 50%. Si se ponen en una atmósfera húmeda de probetas como las anteriores, durante tiempo, y luego se trasladan, ambas ya libres, a una atmósfera tal que produzca un secado y contracción,...; repitiendo el ciclo unas 9 veces, se obtenía, en la muestra que se volvía a forzar durante cada proceso de hinchazón, una disminución en sus dimensiones del 22%, mientras que la que permaneció en libertad no cambió prácticamente su volumen. (...) La madera, una vez libre, tiende a compensar sus deformaciones mediante posteriores hinchazones y contracciones, sin volver a alcanzar, a pesar de todo, sus dimensiones normales.<sup>2095</sup>

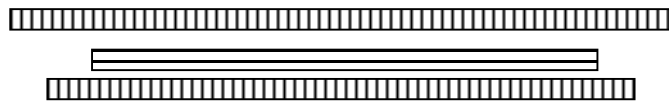
Otro sistema de marco un poco más complejo de ejecutar tiene también en cuenta el hecho de mantener cierta holgura entre el panel y el marco, precisamente para evitar estos problemas.

<sup>2095</sup> Franz Kollmann, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, M° de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959, págs. 462-463.

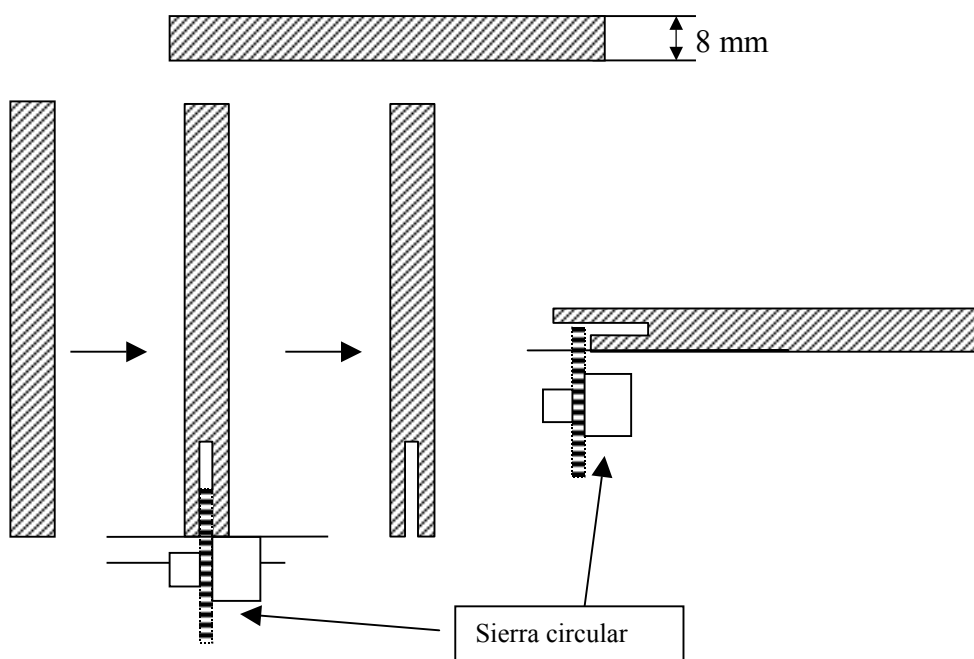


Aún así son procesos de elaboración sencillos que facilitan mucho el trabajo en el taller:

- Tablero realizado con tres contrachapados de dimensiones diferentes e igual grosor, por ejemplo. Se encolan los tres juntos con una disposición ya determinada en función de la ranura a practicar.



- Partiendo de un tablero, por ejemplo, de 8 mm de grosor, le practicamos una ranura en todos sus cantos, por medio de una sierra circula o una fresadora. Este sistema es difícil de realizar sin tener la experiencia apropiada porque el grosor del tablero es demasiado fino y puede moverse durante el corte, quedando una ranura irregular por la que no correría cómodamente el tablero. Es evidente que en todos los tableros, listones, etc. que hagamos ranuras o correderas, éstas deben tener cierta holgura para permitir el “juego de la madera”.



Si tuviera que llevar crucetas, tendrían que ir estas sin encolar. De esta manera, el tablero seguiría siendo independiente del marco o bastidor.



### ***losetas de corchos:***

Utilización de las losetas de corchos Mérida, por ejemplo (las que están formadas por corcho y MDF) como soporte protegido para: acuarelas, dibujos que se encolan a soportes rígidos, papeles en general, etc. La mayoría de estas losetas vienen ya barnizadas, por lo que deberían ser lijadas antes de encollarles telas o papeles.

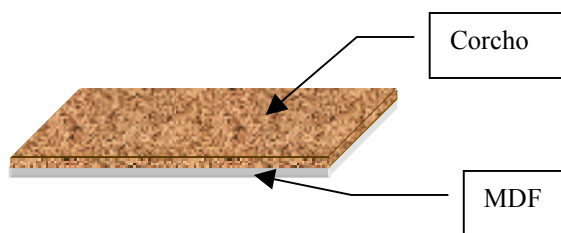
En caso deterioro del MDF, éste puede ser eliminado sin afectar a la obra.

Estas losetas no son soportes demasiado fiables por el MDF que las forma, pero para trabajos que no requieran de una condicione especiales de

seguridad, bocetos, estudios, etc. puede resultar un soporte cómodo y no excesivamente caro.

Hay que hacer constar que estas tienen los cantos machihembrados. Esto supone una gran ventaja en cuanto a

poder realizar soportes de mayores dimensiones que las de las propias losetas. Su transporte previo al encolado es cómodo.



### **Soporte tipo caja:**

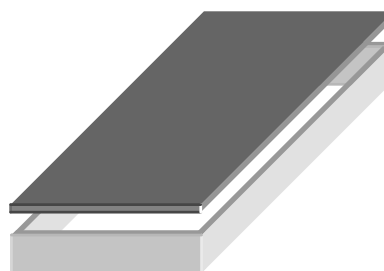
Se basa en las “vigas cajón”.



Dado que los tableros, por sí mismos tienen limitadas sus posibilidades de carga, en la construcción se optó por darles rigidez por medio de vigas que les permitían alcanzar luces de siete metros, con cargas de 500 Kg/m<sup>2</sup>.<sup>2096</sup>

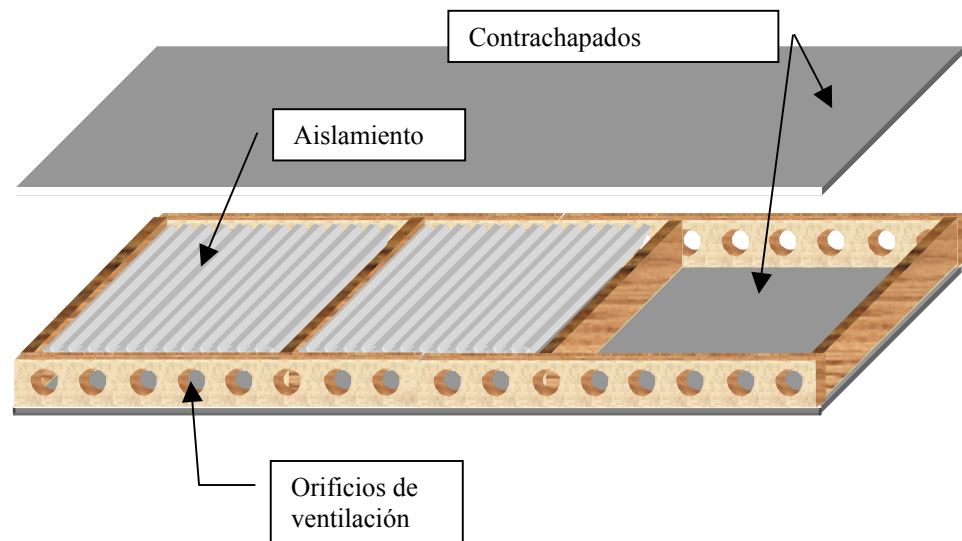
Normalmente los tableros que mejor se prestan para ello son los tableros contrachapados y los OSB.

Los tableros encolados a ambos lados del bastidor hace un “efecto placa” que se ha venido usando en la construcción desde hace muchísimo tiempo. Con un solo tablero ya se produce ese efecto. Esto quiere decir que en nuestros bastidores se producen dos tipos de refuerzos: el bastidor refuerza al tablero evitando posibles alabeos y el tablero, al ser colocado encima del bastidor y formar un solo cuerpo con él realiza ese “efecto placa” y dota al conjunto de una resistencia enorme, sobre todo con los bastidores de canto.



<sup>2096</sup> Andrés Merino (director), op. cit., pág. 103.

En la construcción de techos (“revestimiento resistente para techos”)<sup>2097</sup> se utiliza mucho un sistema parecido, por su ligereza y alta resistencia.



---

<sup>2097</sup> Vid., R. E. Putnam y, G. E. Carlson, op. cit., pág. 436.



## 12 MADERAS EMPLEADAS EN LA FABRICACIÓN DE SOPORTES PICTÓRICOS, SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES, SUS CORRESPONDIENTES PATRONES DE IDENTIFICACIÓN Y POTENCIALIDAD ESTÉTICA DE ESTOS.

En el presente capítulo vamos a hacer referencia a las más importantes especies de maderas utilizadas como soporte a lo largo de la historia y algunas otras, de más reciente incorporación en la industria de tableros, utilizadas al crearse nuevos materiales.

El capítulo se estructura de la siguiente manera:

- Cuadros informativos<sup>2098</sup> sobre dichas especies, que contienen datos referidos a la familia a la que pertenece y

---

<sup>2098</sup> Las propiedades físicas y mecánicas pueden consultarse más extensamente en las normas UNE correspondientes referentes a coníferas y frondosas y en, Raquel Carreras Rivero, *Manual para la identificación de las principales maderas usadas en el mobiliario antiguo español*, Centro Nacional de conservación, restauración y museología, La Habana, Cuba, 1998. Antonio Guindeo Casasús, et. al., *Especies de maderas para carpintería, construcción y mobiliario*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1997, y Hugh Johnson, *La madera. Origen, Explotación y aplicaciones del más antiguo recurso natural*, Editorial Blume, S. A., Barcelona, 1989. No se incorpora en estos cuadros todas esas propiedades resistentes porque la utilización que se les va a dar en las BB. AA. a estas maderas no requiere, en principio, el conocimiento exhaustivo de dichas propiedades (salvo en Conservación y Restauración). Otra cosa sería que nuestros bastidores, soportes, etc. tuvieran que soportar cargas importantes, o tuviéramos que realizar un estudio detallado de su comportamiento, en cuyo caso se deberían encargar las pertinentes pruebas a entidades como Aitim. Asimismo, puede consultarse la siguiente bibliografía para un estudio más detallado: Miguel-Álvaro Aguirre Royuela, "Ficha técnica de maderas nacionales: Aliso", *Acomat*, año XII, nº 65, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, julio-agosto, 1990, págs. 16-20. Gerardo Cabarga, "92 Maderas en fila: Abedul-Azobe", *Acomat*, año XII, nº 64, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, mayo-junio, 1990, págs. 19-22. Gerardo Cabarga, "92 Maderas en fila: Bato Bato-Eyo", *Acomat*, año XII, nº 65, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: Tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, julio-agosto, 1990, págs. 32-34. Gerardo Cabarga, "92 Maderas en fila: Fresno-Ozigo", *Acomat*, año XII, nº 66 edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: Tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, septiembre-octubre, 1990, págs. 31-34. Gerardo Cabarga, "92 Maderas en fila: Padoux-Tulipia", *Acomat*, año XII, nº 67, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: Tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1990, págs. 39-41. Rafael Calvo Senovilla, "Ficha técnica de maderas nacionales: El Fresno", *Acomat*, año XII, nº 67, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1990, págs. 18-21. Antonio Camuñas Y Paredes, *Materiales de construcción*, tomo I, 9ª edición, Editorial Latina, S.A., Madrid, 1980, págs. 261-299. Raquel Carreras Rivero, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997. F. Cassinello, *Construcción y carpintería*, editorial Rueda, Madrid, 1973, págs. 357-367. Luis Ceballos, "Pinos (Síntesis botánica del género Pinus)", *Montes*, año III, nº 18, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1947, págs. 529-541. Natalia

a las distintas denominaciones que recibe, desde su nombre botánico, su nombre vulgar más utilizado, otros nombres vulgares reconocidos y su denominación internacional usada en el sector.

- Fichas que contienen la siguiente información:<sup>2099</sup>
  - Nombre botánico y vulgar.
  - Fotografías de la especie vegetal (siempre que se ha podido obtener).
  - Fotografías microscópicas con aumentos de 40, 100 y 400, que muestran los patrones identificativos de la especie.
  - Detalles particulares sobre engrosamientos helicoidales, punteaduras, perforaciones de placa, tílides, resinas, parénquima, radios, vasos, traqueidas, campos de cruce, etc.
  - Ficha-resumen de sus características principales: Características identificativas microscópicas, características identificativas macroscópicas, propiedades generales y posibilidades de uso artístico.<sup>2100</sup>

---

García Estévez, "Ficha técnica de maderas nacionales: Castaño", *Acomat*, Año XII, nº 63, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, Marzo-abril, 1990, págs. 19-23. "Hardwood expressions. At home with hardwoods", Hardwood Manufacturers Association, Pittsburg, Pennsylvania, 2000. Juan Manuel Martínez Labarga, "Ficha técnica de maderas nacionales: Nogal", *Acomat*, año XI, nº 61, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1989, págs. 22-25. Miguel Sintés Arnaiz, "Ficha técnica de maderas nacionales: el roble", *Acomat*, año XII, nº 60, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, septiembre-octubre, 1990, págs. 14-18. Juan de Pedro, "Ficha técnica de maderas nacionales: chopo", *Acomat*, Año XII, nº 67, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, enero-febrero, 1990, págs. 18-20. Fritz Spannagel, *Tratado de ebanistería*, Editorial Gustavo Gili S.A., 3ª edición, Barcelona, 1975, págs. 15-52. Enrique Torres Álvarez, "Ficha técnica de maderas nacionales: Haya", *Acomat*, nº 59, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, Julio-Agosto, 1989, págs.14-16. Dietrich Fengel y Gerd Wegener, *Wood, chemistry, ultrastructure, reactions*, ed. Walter de Gruyter, Berlin, 1983.

<sup>2099</sup> En algunas microfotografías se señalan algunas estructuras y peculiaridades de las distintas especies. Esto se hace con el único fin de recordar dichas estructuras de las que hablamos en el capítulo correspondiente al leño.

<sup>2100</sup> Esta ficha-resumen contiene datos técnicos propios del mundo de la identificación de especies de madera. Incorporamos esa información por hacer honor a la verdad pero no es nuestra intención extendernos en ese complejo campo. Sirvan esos pocos datos para aproximarnos a sus propiedades. Si



Este capítulo no trata de mostrar solamente un aspecto técnico de las especies que suelen intervenir en nuestro soportes. Trata de mostrar la bella complejidad de la estructura interna de la madera que tiene fiel reflejo en el aspecto externo de la misma. La madera es algo más que ese material obsoleto que tiene extraños movimientos que producen deformaciones estructurales.

El potencial estético de este material puede observarse en las secciones realizadas a distintas especies (de las usadas en arte, solamente). Habrá que tener en cuenta que los patrones que aparecen varían según la zona donde se realice el corte o sección, si la madera es temprana o tardía, si ha sido una temporada seca o lluviosa, la ubicación de la especie, la cantidad de alimento que el suelo suministre. La región geográfica también produce grandes variaciones entre especies iguales.

A niveles cromáticos, puede modificarse el color natural para evidenciar mejor las estructuras de la madera y, a la vez, si vamos a hacer un uso estético de ellas, potenciamos y modificamos notablemente su color y su aspecto. Hemos de señalar que hemos teñido muy pocas de las muestras aquí presentadas. Las muestras de amaranto, caoba y ébano, por ejemplo, no se han teñido en absoluto y presentan un aspecto estético inmejorable.

Dada la inmensa cantidad de especies maderables, o no, es fácil comprender el filón estético ante el que nos encontramos.

Estas son solo unas pocas imágenes de unas pocas especies y aún así podemos apreciar el potencial estético que poseen.

La madera, pues, tiene un enorme potencial estético, tanto externo como interno.

No olvidemos, también, algo que internamente posee este material y que ha sido imitado y proclamado como importante descubrimiento: su estructura hueca que produce una gran ligereza acompañada de una enorme resistencia mecánica. En su estructura interna se fundamentan materiales como las celdillas de cartón o aluminio utilizadas para aligerar

---

se desea una completa información sobre toda esa terminología puede consultarse Raquel Carreras Rivery, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997, entre otros de los títulos mencionados al comienzo de este capítulo.

soportes; también las espumas de poliuretano expandido, por ejemplo, se parecen bastante a la estructura interna del corcho.<sup>2101</sup>

Con esto queremos decir que algunos de los tan aireados materiales sintéticos son, a veces, el eco producido por *obsoletos* materiales que se han utilizado desde el comienzo de los tiempos y que tienen aún mucho que decir.

---

<sup>2101</sup> Vid. Fotografías sobre corcho en el capítulo correspondiente.

## 12.1 Maderas empleadas tradicionalmente como soporte pictórico.<sup>2102</sup>

	Familia	Nombre botánico	Especies más habituales	Nombre común	Otros nombres usados	Denominación internacional
Gimnospermas ( <i>coníferas</i> )	Pinaceae	<i>Pinus sp.</i>	<i>Pinus silvestris</i> L. <sup>2103</sup>	Pino silvestre	Pino Albar. Pino Flandes. Pino Valsain. Secoya enana, Pino Norte. Pino ruso.	Pine Redwood. Scots pine
		<i>Abies sp.</i>	<i>Abies alba</i> Mill.	Abeto	Pinabete. Abeto plateado. Abeto blanco. Abeto común.	Fir. Whitewood.
		<i>Larix sp.</i>	<i>Larix decidua</i> Mill.	Alerce	Alerce común. Alerce europeo. Pino tea. Pino Melis.	Larch. Pitch Pine.
		<i>Picea sp.</i>	<i>Picea abies</i> L.	Picea	Abeto rojo. Picea común Pino de Noruega. Abeto falso o Falso abeto Abeto de Flandes. Árbol de Navidad.	Spruce.

<sup>2102</sup> Para más información vid. R. Bruce Hoadley, *Chemical and Physical properties of wood*, págs. 15 y ss., en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.*

<sup>2103</sup> Las abreviaturas que aparecen en estas especies (“L.”, por ejemplo) representan las de los botánicos que autorizan dichos nombres. En este caso “L.”, o también “Lin.”, quieren decir *Karl Von Linné*, botánico moderno más conocido y autor de la nomenclatura que lleva su nombre. Si se desea conocer el significado de las demás abreviaturas, pueden consultarse las siguientes artículos, donde aparecen extractados, introduciendo, además una pequeña biografía del botánico en cuestión en: Rafael Areses Vidal, “Contribución al conocimiento de las plantas exóticas cultivadas en España”, (Continuación), Montes, año VI, n° 35, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1950, págs.607-613, y, también del mismo autor: “Contribución al conocimiento de las plantas exóticas cultivadas en España”, (Conclusión), Montes, año VI, n° 36, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, noviembre-diciembre, 1950, págs. 704-709. También puede consultarse el artículo de Luis Ceballos, “Los nombres científicos de las especies forestales”, Montes, año VI, n° 32, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1950, págs. 141-144.

	Familia	Nombre botánico	Especies más habituales	Nombre común	Otros nombres usados	Denominación internacional
Angiospermas (Frondosas)	<i>Olaceae</i>	<i>Fraxinus sp.</i>	<i>Fraxinus excelsior L.</i>	Fresno europeo	Fresno común.	Ash.
	<i>Ulmaceae</i>	<i>Ulmus sp.</i>	<i>Ulmus carpinifolia Gled.</i>	Olmo europeo	Olmo blanco americano ( <i>Ulmus americana</i> ). Olmo negrillo ( <i>Ulmus procera</i> ), especie europea típica de España.	Elm.
	<i>Fagaceae</i>	<i>Fagus sp.</i>	<i>Fagus sylvatica L.</i>	Haya europea	Haya. Haya roja.	Beech.
		<i>Quercus sp.</i>	<i>Quercus robur L.</i>	Roble europeo.	Roble común. Roble albar.	White Oak
		<i>Castanea sp.</i>	<i>Castanea sativa Mill.</i>	Castaño	Castaño europeo	Chesnut
	<i>Salicaceae</i>	<i>Populus sp.</i>	<i>Populus alba L.</i>	Chopo europeo	Álamo blanco. Álamo negro ( <i>Populus nigra</i> ).	Poplar. Aspen (álamo temblón)
		<i>Salix sp.</i>	<i>Salix alba</i>	Sauce	Sauce blanco	Willow
	<i>Tiliaceae</i>	<i>Tilia sp.</i>	<i>Tilia cordata Mill.</i>	Tilo europeo	Tilo.	Lime.
	<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus sp.</i>	<i>Prunus avium L.</i>	Cerezo <sup>2104</sup>	Cerezo europeo. Cerezo silvestre.	Cherry
	<i>Acereceae</i>	<i>Acer sp.</i>	<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	Arce.	Falso plátano. Sicómoro.	Maple. Sycamore.
	<i>Juglandaceae</i>	<i>Juglans sp.</i>	<i>Juglans regia L.</i>	Nogal europeo	Nogal	European walnut
	<i>Betulaceae</i>	<i>Alnus sp.</i>	<i>Alnus glutinosa L. Gaertn</i>	Aliso	Aliso común. Aliso europeo	Alder.
	<i>Meliaceae</i>	<i>Swietenia sp.</i>	( <i>Swietenia macrophylla</i> ). ( <i>Swietenia mahogani</i> ).	Caoba americana Caoba de Cuba		Mahogany

<sup>2104</sup> También se ha utilizado en algún momento el peral (*Pyrus sp.*) y más específicamente el peral común (*Pyrus communis*).

**Pinus silvestris L. (Pinaceae)**<sup>2105</sup>

Pino silvestre.

“Los pinos en la noche son árboles de Noel, y si en la noche nos atreviésemos a andar entre ellos, podríamos descolgar alguno de los juguetes que cuelgan de sus ramas.”

“El pino es el árbol que más sufre, pues cada piña que echa es como una larga y dolorosa dentición.”

*Greguerías Forestales.* Ramón Gómez de la Serna.

Las coníferas como el pino silvestre presentan en su sección transversal una interesante malla compuesta por dos tejidos diferenciados interrumpida, en este caso, por algunos canales resiníferos que al observarlos al microscopio, en su sección transversal, parecen ojos que te observan. Estos canales, a veces establecen ritmos interesantes, rompiendo la uniformidad. De las mallas. Las coloraciones azules o azules-verdosas corresponden a muestras teñidas con azul de metileno, pero para resaltar su belleza no necesita de tintes. Utilizamos colorantes para poner de manifiesto estructuras que de otra manera serían más difíciles de observar por su poca nitidez.



Pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Zoo de Madrid.



Pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Zoo de Madrid.



Pino piñonero (*Pinus pinea* L.) Parque del Oeste.



Pino piñonero o pino albar (*Pinus pinea*)

<sup>2105</sup> Puede consultarse la ficha completa técnica relativa a esta especie en Antonio Guindeo Casasús et. al., *Especies de maderas para carpintería, construcción y mobiliario*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1997, Págs. 574-577. Un excelente trabajo sobre el género *Pinus*, que incluye una exhaustiva clasificación de los pinos existentes, sinónimos y especies secundarias, distribución geográfica puede consultarse en Luis Ceballos, “Pinos (Síntesis botánica del género *Pinus*)”, Montes, año III, n° 18, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1947, págs. 529-541.

Hay unas 80 especies de pinos. Incluimos unos pocos ejemplos como muestra. Lo que nos interesa es mostrar la belleza de su estructura modular.

Podemos ver detalles ampliados donde comprobar todo lo dicho respecto de las coníferas: sus tipos de células, organización, sus canales resiníferos, sus engrosamientos, sus punteaduras, etc.



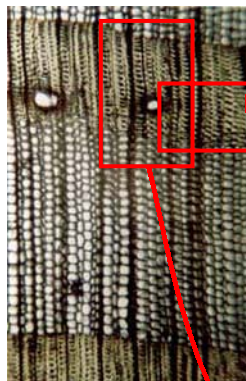
Pino silvestre  
(*Pinus  
silvestris*)



Pino.



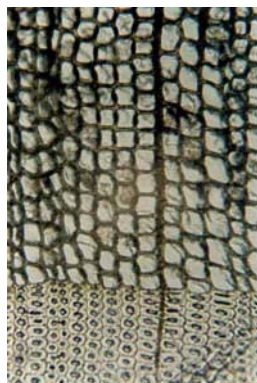
Pino Oregón.



Pino Oregón.  
Transv. x 40.

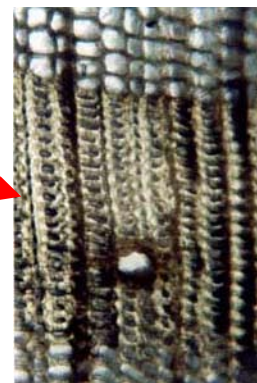


Pino Oregón.  
Transv. x 100.



Pino Oregón.  
Transv. x 100.

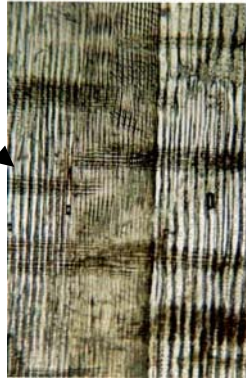
Puede observarse perfectamente el mayor grosor de las paredes celulares en la madera tardía (parte inferior).



Pino Oregón.  
Transv. x 100.



Muestra teñida  
con azul de  
metileno.

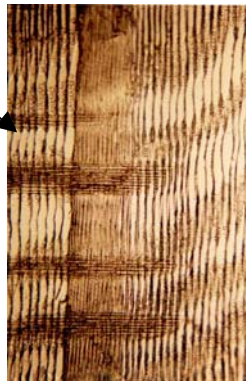


Pino Oregón.  
Rad. x 40.

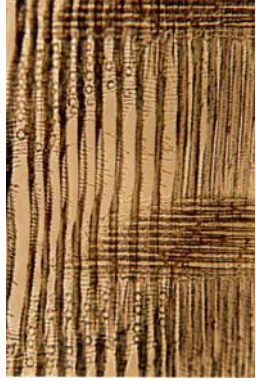


Pino Oregón  
radial x 100.

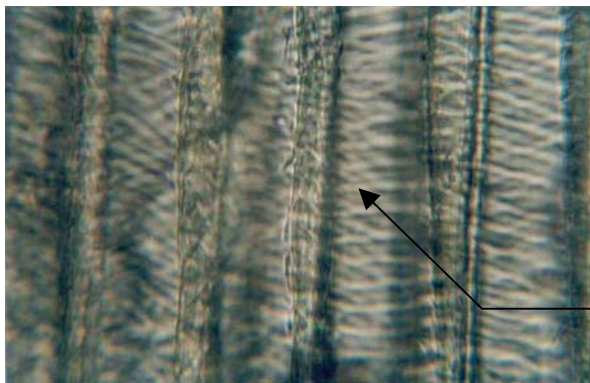
Muestra sin teñir  
mostrando su  
aspecto habitual.



Pino Oregón.  
Rad. x 40.

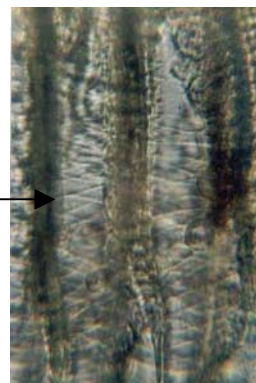


Pino Oregón.  
Rad. x 100.

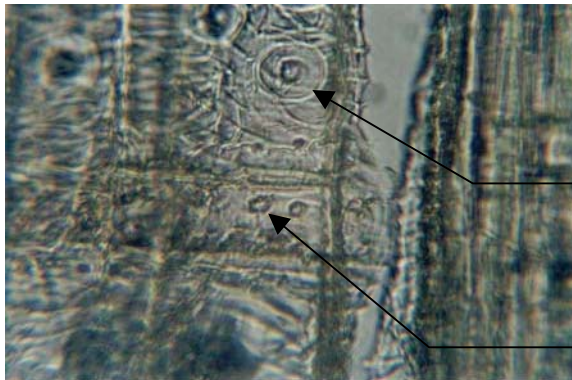


Pino Oregón radial x 400.

Engrosamientos  
helicoidales



Pino Oregón.  
Rad. x 400.



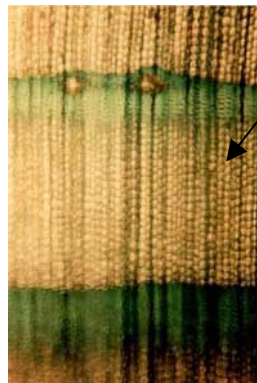
Pino Oregón.  
Rad. x 400.

Punteaduras  
areoladas

Campos de cruce



Pino ruso (*Pinus silvestris*)

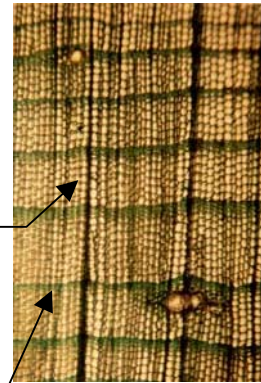


Pino ruso transv. x 40.

Crecimiento rápido: pocos anillos.

Crecimiento lento: muchos anillos.

Muestra teñida con azul de metileno.



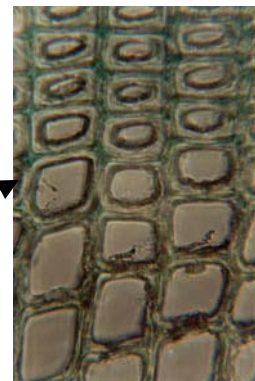
Pino ruso transv. x 40.



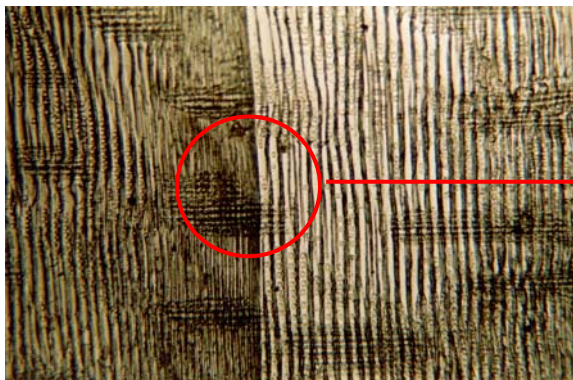
Pino ruso transv. x 100.

Canal resinífero en madera tardía.

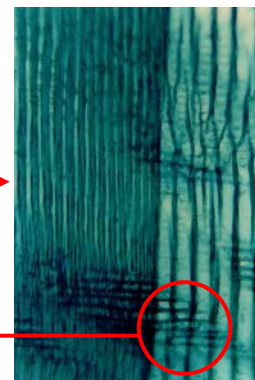
Transición de la madera de primavera a la de otoño.



Pino ruso transv. x 400.

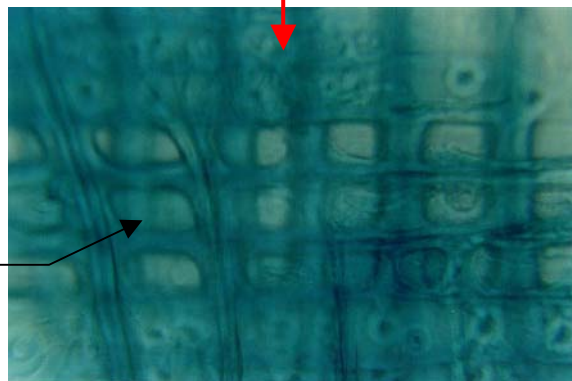


Pino ruso radial x 40.



Pino ruso radial x 100.

Campos de cruce fenestriiformes

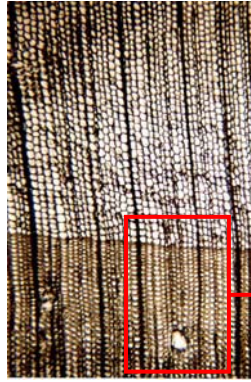


Pino ruso radial x 400.

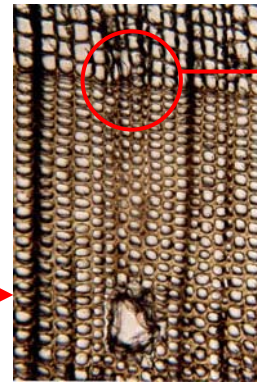




Pino Valsain



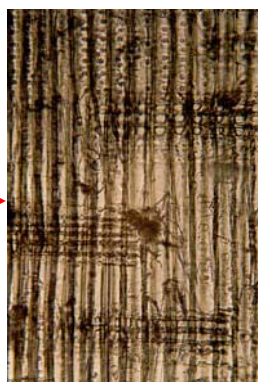
Pino Valsain transv.  
x 40.



Pino Valsain transv.  
x 100.



Pino Valsain radial.  
x 40.



Pino Valsain radial.  
x 100.



Pino Valsain  
transv. x 400.

Como ejemplo tenemos:

- *Dios Padre con el Cuerpo de Cristo* (1440), del Maestro de Rottweil.
- *Nacimiento de Cristo*, (1539), de Hans Baldung.<sup>2106</sup>

<sup>2106</sup> Vid. Ulrich Schiessl, *History of structural panel painting conservation in Austria, Germany, and Switzerland*, pág. 211 y 226, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.*

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Madera no porosa de anillos de crecimiento muy marcados.</p> <p>Transición abrupta entre madera temprana y tardía (anillos muy marcados).</p> <p>Canales resiníferos radiales y axiales.</p> <p>Ausencia de parénquima.</p> <p>Presencia de traqueidas radiales de paredes dentadas (en sección radial, en el parénquima radial).</p> <p>Campos de cruce fenestriformes.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>La albura es de color amarillo pálido, mientras que el duramen es color siena.</p> <p>Resinoso.</p> <p>Fibra recta y grano fino.</p> <p>Los anillos son más estrechos cuanto mayor es la latitud y la latitud en la que crece.</p>
Propiedades.	<p>Es resistente, se trabaja bien aunque las partes muy resinosas presentan problemas con el encolado.</p> <p>Madera compacta.</p> <p>Poco durable, sobre todo susceptible al ataque de insectos. El duramen es resistente a los preservadores pero la albura es permeable.</p> <p>Seca fácilmente. Estable. De contracción poco nerviosa (apenas tiene contracción).</p> <p>Madera semidura.</p> <p>Densidad: 500-540 Kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Buen encolado con cualquier tipo de cola.<sup>2107</sup></p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Pulpa para papel de embalaje.</p> <p>Obtención de chapas por desenrollado y a la plana.</p> <p>Contrachapado estructural y decorativo.</p> <p>Madera soporte para chapeados.</p> <p>Tablero alistonados, de alma enlistonada y de varillas.</p> <p>Madera laminada encolada.</p>

<sup>2107</sup> Preferible la utilización de colas de pH alcalino como las de caseína, fenólicas o las de resorcina y no las de urea-formaldehído que endurecen en medios ácidos.

**Abies alba** (Pinaceae).

Abeto.

Como conífera que es, presenta la típica estructura uniforme en la sección transversal, apreciándose perfectamente las traqueidas de la madera temprana y tardía, así como su transición.

Pocas referencias históricas hay sobre su utilización como soporte. Unas de las pocas:

- El soporte de María Gravidia del Maestro de Viena, contiene seis tableros cuyo último anillo marca el año 1420.<sup>2108</sup>
- Wedding of Saint Catharina, del Maestro de Hungría.

También fue usado en épocas tempranas en la Italia Central, junto con otras coníferas.



Abeto blanco.  
Parque Zoológico  
de Madrid.



Abies alba Miller.  
Parque Zoológico  
de Madrid.



Abeto.



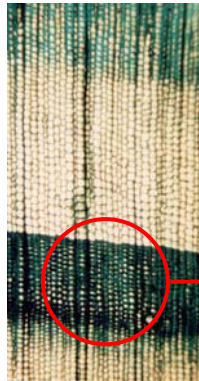
Abeto.

---

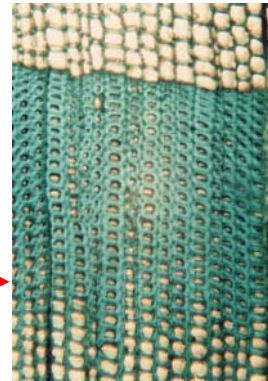
<sup>2108</sup> Peter Klein, *Dendrochronological analyses of panel paintings*, pág. 49, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.*



Abeto alemán.



Abeto alemán.  
Transv x 40.



Abeto alemán.  
Transv x 100.

### FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Transición gradual a abrupta entre madera temprana y tardía.</p> <p>Ausencia de canales resiníferos.</p> <p>Parénquima escaso terminal.</p> <p>Paredes tangenciales de radios medulares nodular.</p> <p>Campos de cruce taxoide en madera temprana y piceoides en madera tardía.</p> <p>Presencia de cristales en células radiales.</p> <p>(Puede confundirse con <i>Juniperus</i> sp.)</p> <p>Posee radios altos, con más de 15 células. Apenas distinguibles en el corte radial.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Color blanco cremoso y blanco rosáceo.</p> <p>No hay diferencia entre albura y duramen.</p> <p>Anillos estrechos y visibles.</p> <p>Sin nudos.</p> <p>No es resinosa ni desprende olor (es la madera resinosa con un olor más débil a trementina).</p> <p>De fibra recta. Grano fino.</p> <p>Madera ligera.</p> <p>Madera blanda.</p> <p>Existen unas 40 variedades de abetos.</p>
Propiedades.	<p>Secado fácil.</p> <p>Poco resistente.</p> <p>Se raja fácilmente.</p> <p>Pocos movimientos.</p> <p>Piezas de grandes dimensiones.</p> <p>Se trabajan bien.</p> <p>Resiste mal los cambios higrométricos.</p> <p>No resistentes a los hongos, necesitan preservantes.</p> <p>Densidad 440-480 Kg/m<sup>3</sup>.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Pulpa para papel.</p> <p>Ebanistería y embalajes.</p> <p>Tableros aglomerados.</p> <p>No apropiado para madera ciega en chapeados por su veteado desigual.</p> <p>Apropiado para contrachapados, alistonados, envarillados.</p>



**Larix decidua Miller, (Pinaceae).**

Alerce. (Pino melis).

Madera muy resistente e interesante para nosotros. Muy resinosa y aromática.



Alerce europeo  
(*Larix decidua*  
Miller)

Muestra teñida con azul de metileno. Las demás muestras no se han teñido porque en este caso no mejoraba la apreciación de las estructuras.



Alerce.



Alerce. Transv 40.



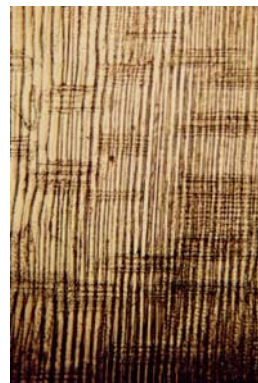
Alerce. Transv x40.



Alerce. Transv 100.



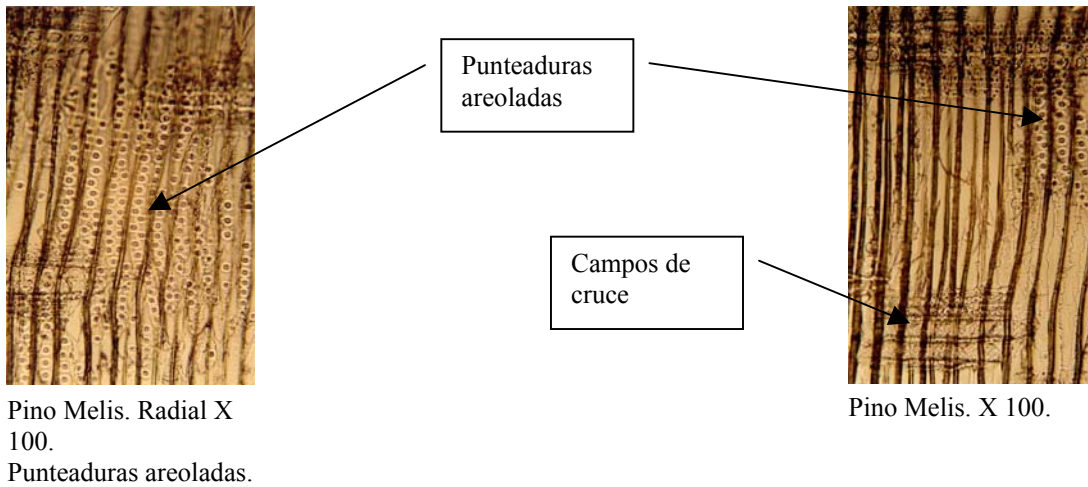
Pino melis.



Pino Melis. Radial x 40.



Pino Melis radial x100.  
Campos de cruce.



### FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Transición gradual entre madera temprana y tardía.</p> <p>Canales de resina en madera tardía (los radiales centrados).</p> <p>Células epiteliales de los canales de paredes gruesas.</p> <p>Traqueidas radiales con paredes finas.</p> <p>Campos de cruce piceoide.</p> <p>Traqueidas axiales con punteaduras uniseriadas y biseriadas con crásulas (en sección radial).</p> <p>Posee radios altos, con más de 15 células.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Se diferencia de las otras coníferas en que pierde las hojas en invierno.</p> <p>De color pardo amarillento hasta amarillo rojizo.</p> <p>De reducida albura.</p> <p>Anillos bien marcados.</p> <p>Fibra recta. Grano fino.</p> <p>Resinosa y olorosa. Radios repletos de resina.</p> <p>Es de las coníferas más densas.</p> <p>Hay 280 especies conocidas.</p>
Propiedades.	<p>Seca rápido. Tiende a torcerse. Estable seca.</p> <p>De las coníferas más duraderas y resistente a la putrefacción. Muy resinosa.</p> <p>Para exteriores.</p> <p>Contiene taninos. Resistente a los ácidos.</p> <p>Densidad 470-600-650 Kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Madera semidura.</p> <p>Se trabaja bien. Puede haber problemas con la resina.</p> <p>Apenas alabea y es muy compacta. Elástica.</p> <p>Encolado a veces con problemas por la resina, es aconsejable utilizar colas alcalinas: caseína, fenólicas, resorcina).</p> <p>Si se tienen que aplicar aparejos, imprimaciones o acabados pintados o barnizados, generalmente no presenta problemas pero la acción del sol o del calor hace que la resina migre hacia la superficie.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Pulpa para papel.</p> <p>Puede ser desenrollada fácilmente pero se utiliza más el corte a la plana.</p> <p>Madera laminada encolada.</p> <p>Usado también como pilotes en las casas de Venecia.</p>

**Picea Abies (L.) Karst.** (Pinaceae).

Falso abeto. Picea común.

Especie muy utilizada pero poco conocida en círculos artísticos. El aspecto de su madera suele confundirse con el del abeto.

No utilizada demasiado en tiempos históricos. Se tienen datos dendrocronológicos de que Hans Holbein el Viejo usó esta madera en *Clyce Gray Passion* (Coll. Fürstenberg, Donaueschingen) y también se ha encontrado en paneles de frontales de altar pintados por los maestros húngaros:

- Saint Mary in the Temple.
- Saint Mary and Pope.<sup>2109</sup>



Picea abies.



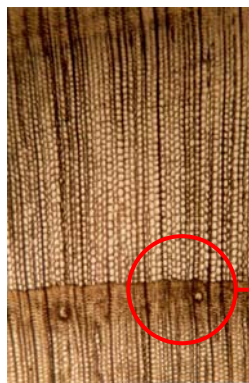
Picea.



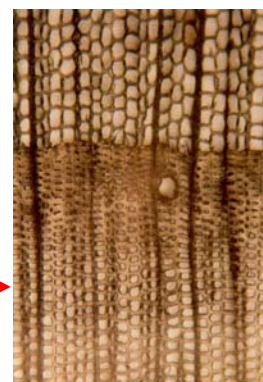
Picea.



Picea abies.



Picea abies.  
Transv. X 40.



Picea abies.  
Transv x 100.

<sup>2109</sup> Peter Klein, *op. cit.*, págs. 49-52.

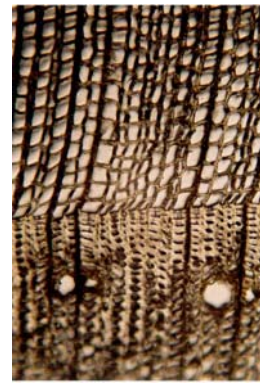




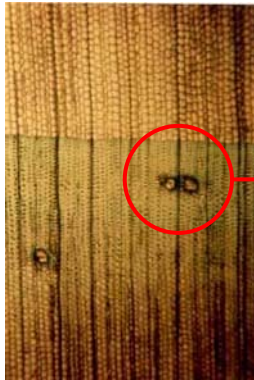
*Picea abies*.  
Transv. X 40.



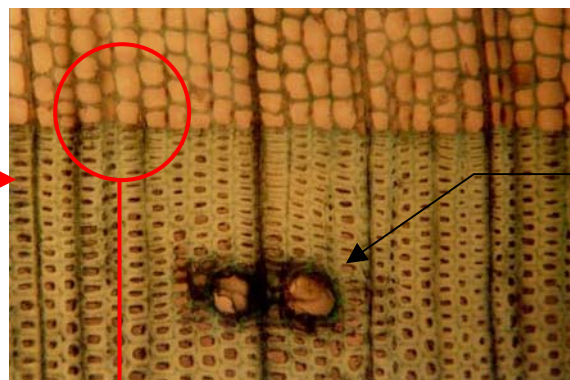
*Picea abies*.  
Transv. X 40.



*Picea abies*.  
Transv. X 100.

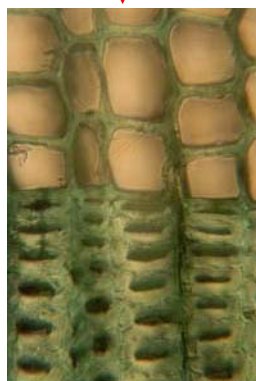


*Picea abies*.  
Transv. x 40



*Picea abies*. Transv. x 100

Canales  
resiníferos.

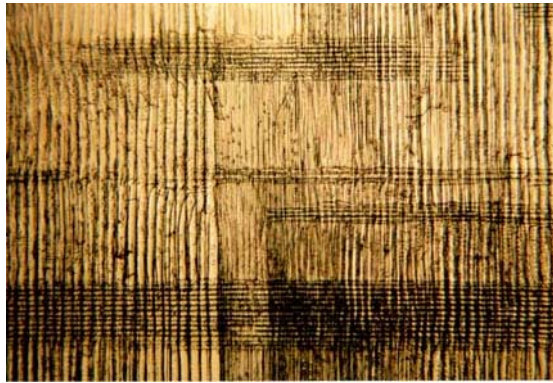


*Picea abies*.  
Transv. x 400.

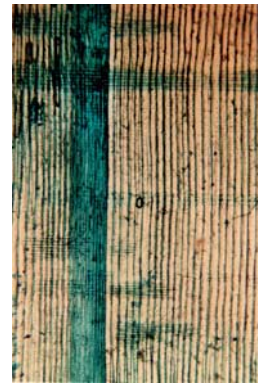




Picea abies.  
Radial x 40.



Picea abies. Radial x 40



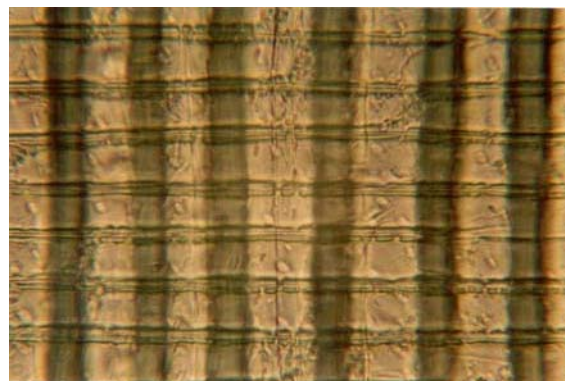
Picea abies.  
Radial x 40.



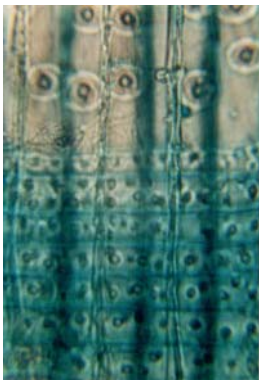
Picea abies.  
Radial x 100.



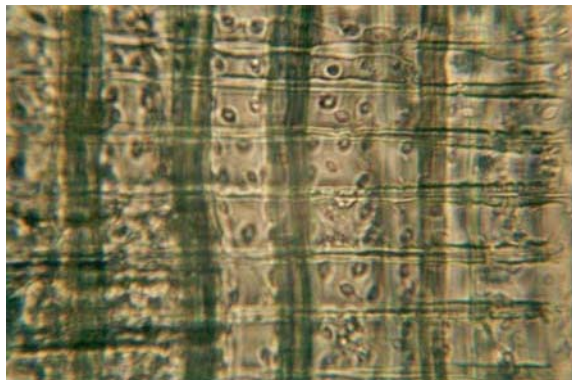
Picea abies.  
Radial x 100.



Picea abies. Radial x 400.



Picea abies.  
Radial x 400.



Picea abies. Radial x 400.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Madera no porosa.</p> <p>Transición gradual entre madera temprana y tardía.</p> <p>Canales de resina axial y radial.</p> <p>Células epiteliales de paredes gruesas en los canales.</p> <p>Traqueidas radiales con paredes finas.</p> <p>Campos de cruce piceoide.</p> <p>Traqueidas radiales con punteaduras uniseriadas y biseriadas en sección radial sin presentar crásulas.</p> <p>Tiende a confundirse con <i>Larix</i> pero esta última presenta traqueidas con dos hileras de punteaduras y unos engrosamientos (crásulas) y la <i>Picea</i> no.</p> <p>Se diferencia del pino en los campos de cruce.</p> <p><i>Picea</i>, <i>Larix</i> y <i>Alerce</i> son idénticos en el corte transversal: con los mismos canales, las punteaduras idénticas, idéntica estructura anatómica.</p> <p>Posee radios altos, con más de 15 células.</p> <p>Radios poco visibles.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>De color blanco a amarillo pálido marrón, con lustre natural.</p> <p>Los anillos de crecimiento son menos prominentes que los de los pinos y no se diferencia duramen de albura.</p> <p>Grano fino. Fibra muy recta.</p> <p>Poco resinosa, menos que el pino silvestre.</p> <p>Existen unas 39 especies.</p>
Propiedades.	<p>No durable y resistente a tratamientos de preservación.</p> <p>Seca rápido y bien. Medianamente nerviosa.</p> <p>Se trabaja bien. Hendible.</p> <p>Elástica.</p> <p>Densidad 440-460-470 Kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Madera semidura.</p> <p>Encolado sin problemas.</p> <p>Pintado sin problemas pero no absorbe los tintes. Con el sol o el calor la resina puede producir exudaciones.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Chapas interna de contrachapados de abedul y abeto de Douglas.</p> <p>Pulpa para papel de periódico.</p> <p>Madera soporte de chapeados.</p> <p>Madera laminada.</p> <p>Alma de tableros alistonados o de varillas.</p> <p>Fabricación de violines <i>Stradivarius</i>.</p>

**Fagus sylvatica L. (Fagaceae).**

Haya europea.

Coronada como “la Madre del Bosque” por su rico-nutriente humus. La palabra “libro” (book) se toma del inglés antiguo “bece” que significa haya. El haya está tanto en casa bajo los pies, como está en el cuarto de los niños en forma de estante, mientras sostiene un ejemplar ligeramente estropeado de una de nuestras historias favoritas.<sup>2110</sup>

En Europa central se utilizaron, además del roble, otras maderas como: chopo, haya, tilo y coníferas. Pero como en tiempos históricos se utilizó el haya raramente, hace imposible una cronología continua para poder datar paneles de haya. En comparación con los paneles de roble, en estos existen gran cantidad de tableros obtenidos del mismo árbol.

Uno de los escasos artistas que utilizó este tipo de paneles fue Lucas Cranach el Viejo (1472-1553) pero su taller sólo lo utilizó durante un corto espacio de tiempo. 1520-1535.<sup>2111</sup>

- Johann.
- Georg.
- Faun.
- Martin Luther.
- Margravine Hedwing
- Cardinal Albercht
- Katharina von Bora.
- Apollo and Diana.
- Judgement of Paris.
- Lucretia.
- The three Electors.
- Duke Johann Ernst.
- Philipp Melanchton.
- The III-Matched Lovers.

Muy utilizada, en la actualidad, para la fabricación de tableros contrachapados y listones, pero con fuerte tendencia al alabeo.

---

<sup>2110</sup> “Hardwood expressions. At home with hardwoods”, Hardwood Manufacturers Association, Pittsburg, Pennsylvania, 2000.

<sup>2111</sup> Peter Klein, Op. Cit., págs. 48, 50 y 51.





*Fagus sylvatica*. Haya europea

Ramas y hojas de *Fagus sylvatica*.

Haya alemana.



*Fagus sylvatica*.  
Parque del Oeste.



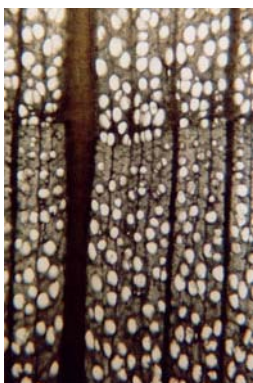
Haya europea.  
*Fagus sylvatica*.



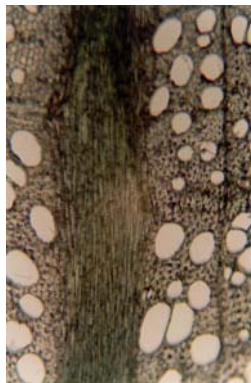
*Fagus sylvatica*.



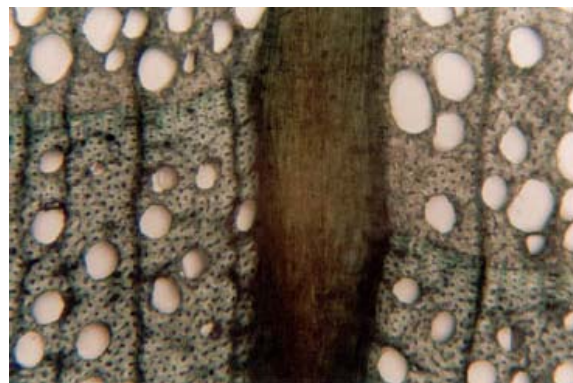
Haya alemana.  
Transv x 40.



*Fagus sylvatica*.  
Transv x 40.



Haya alemana.  
Transv x 100.



Haya alemana. Transv x 100.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas.	<p>Porosidad difusa o semianular.          Poros solitarios.          Tíldes en la madera temprana.          Parénquima apotraqueal disperso en cortas bandas tangenciales.          Fibrotraqueidas de paredes gruesas.          Radios visibles a simple vista.          Radios distendidos en el anillo de crecimiento.          Radios homogéneos de 1-20 células de ancho.          Placa perforada simple.          Poros difusos mayormente solitarios.          Radios de mas de 20 células.          Radios de 2 tallas diferentes.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Madera porosa de color blanco amarillento a rojo pardusco a veces con tinte rosado.          La albura no se diferencia del duramen.          Anillos de crecimiento visibles.          Fibra recta. Grano fino.          Peso medio.          Olor suave a tanino.          Textura fina y uniforme.          No durable pero permeable a los preservadores.</p>
Propiedades	<p>Madera fuerte pero de baja durabilidad.          Seca rápido con tendencia a torcerse. Medianamente nerviosa a nerviosa.          Madera fuerte que se trabaja bien. Semidura.          Se alabea y agrieta. Inestable frente a cambios de humedad. Vaporizada se amortiguan estos problemas.          Encolado y acabado sin problemas.          Facilidad de curvado al vapor.          Densidad 690-710-750 Kg/m<sup>3</sup>. (Al 12% de H, 772 Kg/m<sup>3</sup>.)</p>
Posibilidades de uso artístico.	<p>Chapas de muy buena calidad para fabricación de contrachapados y de uso decorativo. A la plana y por desenrollo.          Pasta para papel mezclado con otras fibras.</p>

**Quercus sp. (Fagaceae)**

(Las principales especies utilizadas son robles y encinas.)

**Quercus ilex L. (Fagaceae)**

Encina.

“Las encinas, en la tierra insolada de verano, son árboles de sombra engañosa como la de los olivos... Las encinas y los olivos arden en la canícula como los grandes troncos y los sarmientos en las grandes chimeneas palaciegas de los palacios de invierno. Abrasa la sombra de esos árboles resecos, ardientes que chisporrotean, que se retuercen de calor.”

“Bajo la sombra de ese árbol que está emplazado en el centro de la llanura parece que están en verdaderas cuclillas y de tertulia todas las ideas del paisaje.”

*Greguerías Forestales.* Ramón Gómez de la Serna.

La incluimos porque pertenece al género *Quercus* y porque posee una gran belleza en su estructura interna.



Encina (*Quercus ilex L.*)



Encinas. Casa de Campo. Madrid.



Encina. Segovia



Encina (*Quercus ilex L.*)

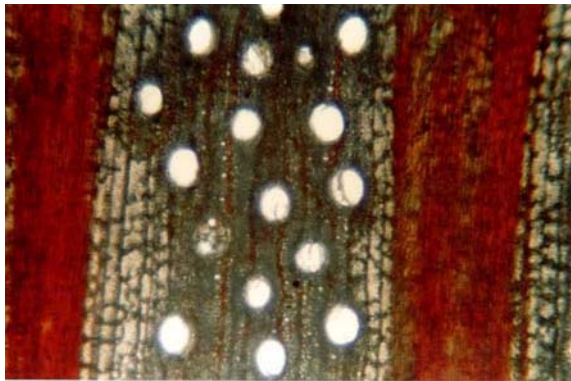




Encina. Sección tangencial.



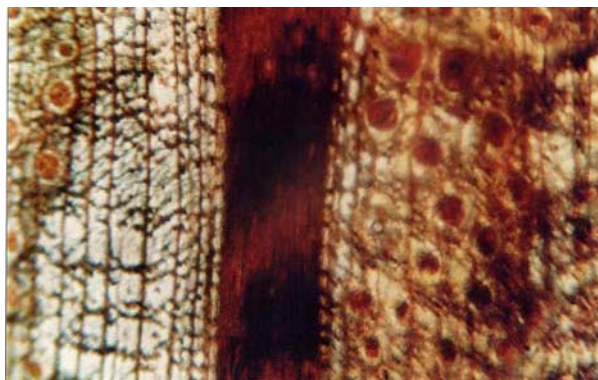
Encina. Sección radial.



Encina. Transv. X 40



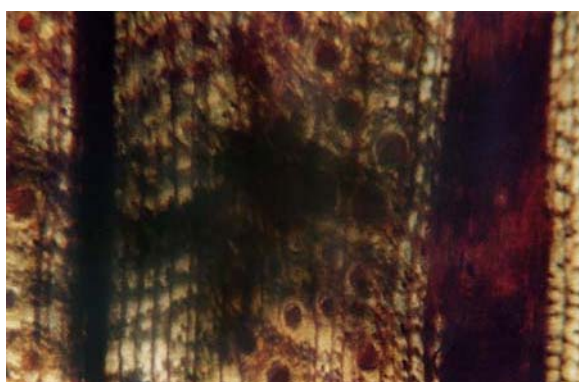
Encina. Transv. X 40



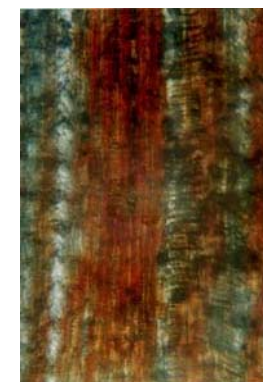
Encina. Transv. X 100



Encina. Transv. X 100



Encina. Transv. X 100



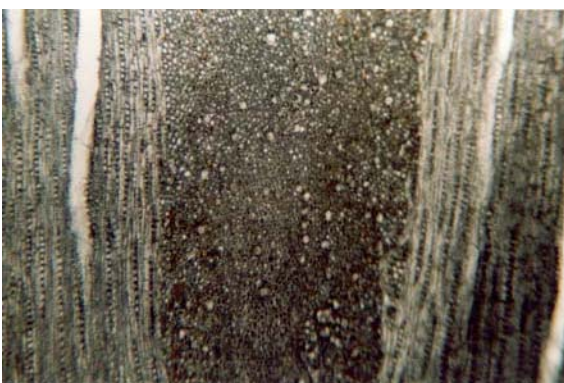
Encina. Transv. X 100



Encina. Transv. X 100



Encina. Tang. X 40



Encina. Tang. X 40.



Encina. Tang. X 100.



Encina. Tang. X 100.



**Quercus robur L.** (Fagaceae)

Roble europeo.

“Hidalgo pobre, taza de plata, olla de cobre y mesa de roble”

“Un solo golpe no derriba un roble”

*Refranero castellano*

Especie ampliamente utilizada y conocida, no necesita presentación porque su amplia utilización en todos los órdenes abalan su presencia.



Quercus robur L.  
Parque del Oeste.



Quercus robur L.  
Parque del Oeste.



Quercus robur L.  
Roble o Carballo.  
Zoo de Madrid.



Red Oak.



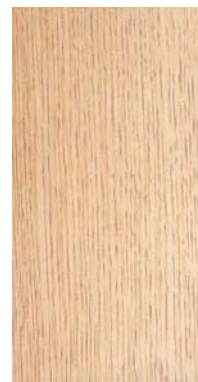
Quercus robur.  
Parque del Oeste.



Roble.



Roble.  
Sección  
radial.



Quercus robur L.  
Roble europeo.



Roble.



Roble.



Roble.



Quercus alba L.  
Roble blanco  
americano.



Quercus rubra L.  
Roble rojo  
americano



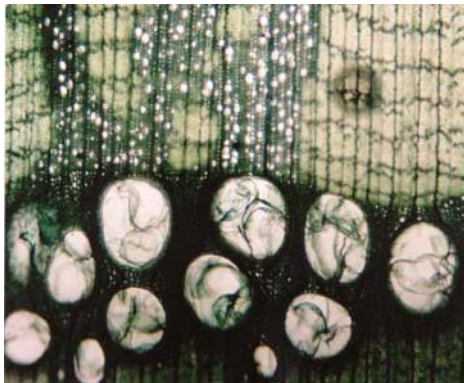
Roble americano.  
Cortes tangencial y  
transversal.



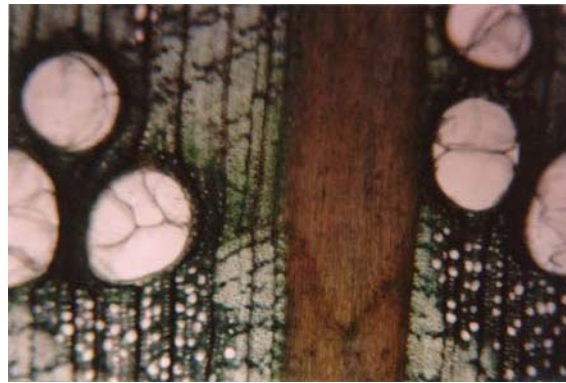
Roble  
americano.



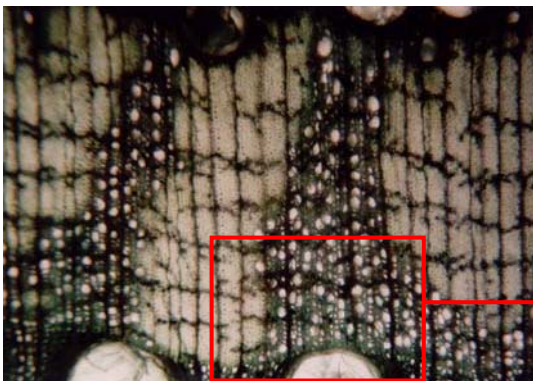
Roble  
americano.



Roble. Transv. X 40.



Roble. Transv. X 40.

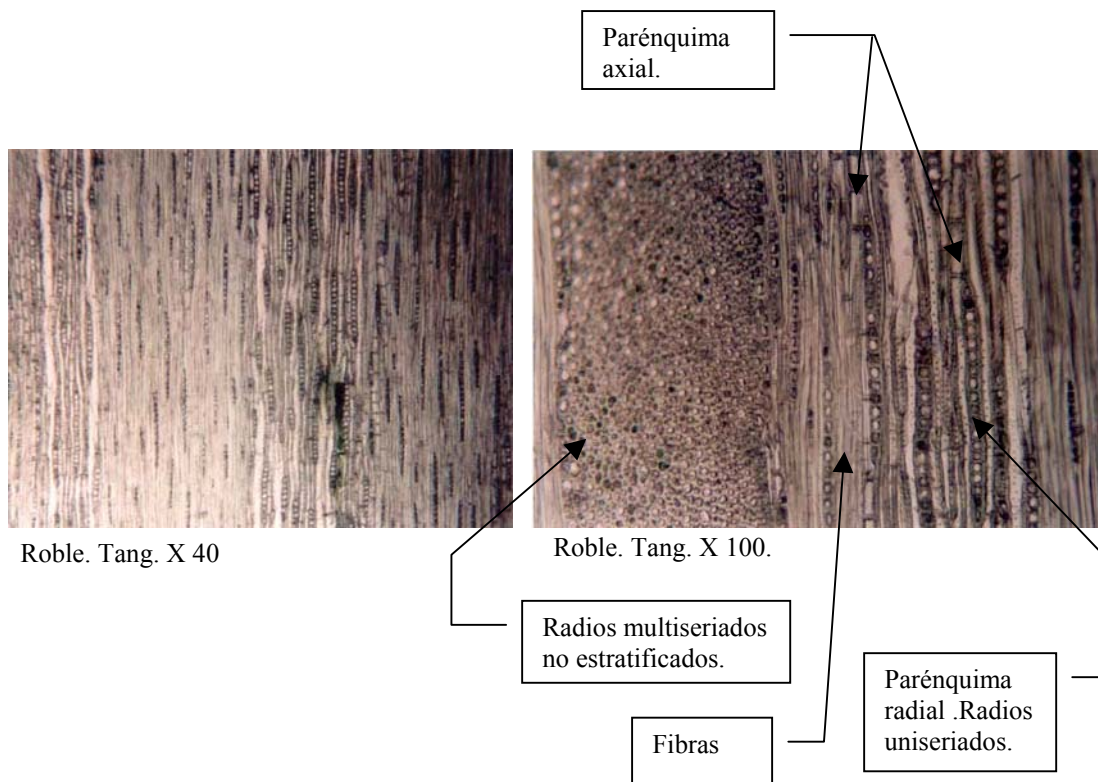


Roble. Transv. X 40.



Roble. Transv x 100.





Rogier Van Der WEYDEN.  
Descendimiento de la Cruz.

A la derecha, sin restaurar. A la izquierda restaurado y enmarcado.



Árbol muy longevo que, a veces, sorprende gratamente: los robles del Hayedo de Montejo son ejemplares únicos en el mundo por una variación en su ADN. Hay ejemplares «(...) de más de 700 años (nacidos cuando los árabes comenzaban a levantar la Alhambra o Marco Polo iniciaba su viaje a

China, por ejemplo). Algunos de ellos superan el metro y medio de grosor y alcanzan los 23 metros (la altura de un bloque de siete pisos)». <sup>2112</sup>

Usado casi exclusivamente como soporte desde el siglo XV hasta el XVII en el norte de Europa. En el caso de los paneles holandeses, la madera fue importada casi exclusivamente de la región del Báltico:

In the first half of the seventeenth century, the Dutch and Flemish painters used Baltic oak wood, but the Second Swedish-polish War (1655-60) caused the total breakdown of the Hansa trade. Thus, Baltic timber is never found in panels after 1650; oaks boards from the forest in western Germany and the Netherlands were used instead. Tropical wood was seldom used in the seventeenth century; only in Rembrandt's workshop have different tropical wood species been identified. <sup>2113</sup>

Otras importantes obras realizadas sobre **roble del Báltico**: <sup>2114</sup>

- Rogier Van der Weyden:
  - El Descendimiento de la Cruz.
- Hyeronimus van Aeken Bosch (El Bosco):
  - The Mocking Christ.
  - El Jardin de las Delicias.
- Harmensz van Rijn Rembrandt:
  - Herman Doomer.
  - Autorretrato.
  - Christ and Adulteres.
  - Saint John the Baptist.
  - Alotta Adriaensz (contiene albura).
- Peter Paul Rubens y su taller: <sup>2115</sup>
  - Medici cycle.
  - Infantin Isabella III.
  - Autorretrato.
  - Ghindertalen
  - Isabella Brant.

---

<sup>2112</sup> Comentarios de Luis Gil, profesor de la Escuela de Montes, en el artículo de Vicente G. Olaya, "Un bosque irrepetible", *Semanal El País, Diario El País*, Año XXIV, Madrid, Domingo 17 de enero, 1999, pág. 12.

<sup>2113</sup> Vid. Peter Klein, Op. Cit., págs. 46 y ss.,.

<sup>2114</sup> Idem., págs. 45-49.

<sup>2115</sup> Análisis dendrocronológicos indican que 12 tableros que componían diferentes obras fueron fabricados partiendo del mismo árbol, la mayoría para realizar Medici cycle. (Peter Klein, op. cit. pág. 48.)

- La adoración de los Magos.<sup>2116</sup>

### FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Porosidad anular. Poros solitarios y grupos radiales cortos.</p> <p>Arreglo dendrítico de los poros en la madera tardía.</p> <p>Tíldes en la madera temprana.</p> <p>Parénquima apotraqueal disperso en cortas bandas tangenciales.</p> <p>Radiales formando espejuelos en el corte radial.</p> <p>Fibrotraqueidas de paredes gruesas.</p> <p>Radiales homogéneos de 1-20- células de ancho hasta 1 mm. En <i>Quercus</i> (dos tallas).</p> <p>Placa perforada simple.</p> <p>Anillos visibles, muy marcados.</p> <p>Madera de poros que forman anillos concéntricos (los de mayor talla) y radiales muy gruesos.</p> <p>Contenido silíceo</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Color variable desde pardo amarillento con veta de color castaño.</p> <p>La albura se diferencia perfectamente.</p> <p>Olor tánico fuerte.</p> <p>Fibra recta. Grano grueso (textura gruesa).</p>
Propiedades	<p>Pesada. Semidura. Medianamente nerviosa.</p> <p>Se trabaja bien. Hendible. Dificultad para el corte pero buena terminación.</p> <p>Puede curvarse al vapor.</p> <p>Sin problemas de encolado o acabado. Puede mancharse por el tanino: evitar las colas muy alcalinas (caseína) o las colas ácidas (urea-formal). Se facilita encolando ambas caras a unir.</p> <p>Durable: duramen cargado de tanino.</p> <p>Es una madera de carácter ácido y puede corroer metales.</p> <p>Densidad 670-710-760 Kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Más de 300 especies diferentes.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Fue la madera predominante en Inglaterra desde la Edad Media hasta finales del siglo XVII. Catedrales góticas de Francia, Alemania e Inglaterra.</p> <p>Chapa a la plana.</p>

<sup>2116</sup> Al Brewer, *Practical aspects of the structural conservation of large panel paintings*, pág. 453, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.

**Castanea sativa Mill. (Fagaceae.)**

Castaño

Muy interesantes sus estructuras internas.



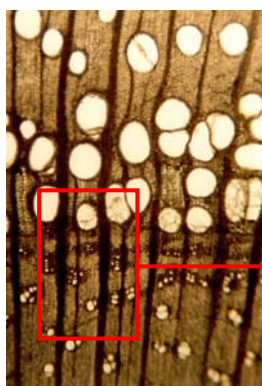
Castaño.



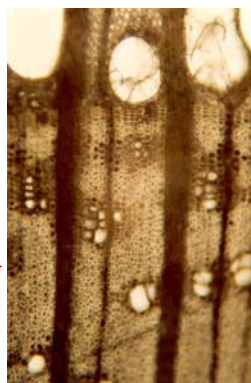
Castaño.



Castaño.



Castaño. Transv. X 40



Castaño. Transv. X 100



Castaño. Transv. X 400



Castaño. Tang. X 40



Castaño. Tang. X 40



Castaño. Tang. X 100



Castaño. Tang. X 100

La *Croce Dipinta* (1138), de Guglielmo, de la catedral de Sarzana, presenta un soporte realizado en castaño.<sup>2117</sup>

### FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas.	Porosidad anular. Madera de anillos porosos. Pocos radios. Radios de 1-2 células de ancho. (Características comunes con el roble. Ver en Quercus más cosas.)
Características identificativas macroscópicas	Color blanco amarillento (albura) y marrón tostado (duramen). De color marrón claro o amarillo claro M 512 y M514 (UNE 40103). Con anillos de crecimientos bien visibles parecida al roble pero sin los radios gruesos de este último por lo que en determinados cortes no se observan los dibujos plateados que aparecen en el roble además de ser menos pesada. Textura gruesa. De grano medio. Fibra ondulada. Contenido ácido que puede corroer los metales, sobre todo en presencia de humedad. Coloraciones azules cuando entra en contacto con materiales férricos por el contenido en taninos que tiene. La albura se diferencia perfectamente.
Propiedades	Peso menor que el roble. Se trabaja bien. Encolado y acabado sin problemas. Evitar colas alcalinas por el contacto con los taninos. Es muy durable. Dura mucho bajo el agua. Escasa estabilidad higrométrica. Poco nerviosa. Flexible. Se presta para curvado. Blanda. Grano grueso. Fibra parcialmente entrecruzada. Más suave y débil que la de roble, pero más fácil de trabajar. Secado lento. Duradera al exterior. Densidad 540-590-650 Kg/m <sup>3</sup> .
Posibilidades de uso artístico	Chapas decorativas a la plana. La corteza contiene taninos utilizados como curtientes, pero la madera contiene más (4 o 5%).

<sup>2117</sup> Vid. Luca Uzielli, *Historical overview of panel-making techniques in Central Italy*, pág. 115, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.



**Juglans regia L. (Juglandaceae).**

Nogal europeo.

“Una vez el símbolo de fertilidad, su fruto se esparce en las bodas.  
El nogal crece más lustroso con la edad.”<sup>2118</sup>

“Palo de nogal, quiebra costilla y no hace señal”.  
*Refranero español*

Su pequeña contracción le hizo muy útil como soporte



Nogal (*Juglans regia*).



Nogal (*Juglans regia*).



Nogal europeo (*Juglans regia*).



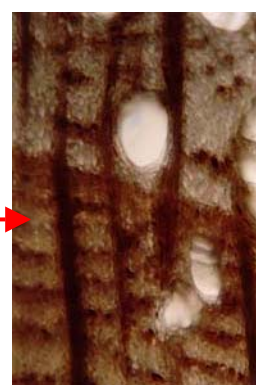
Nogal (*Juglans regia*).



Nogal. Cortes tangencial y transversal.



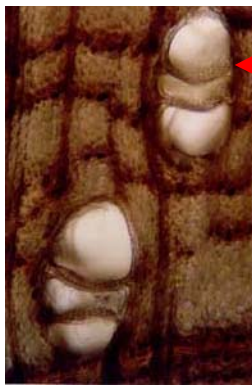
Nogal Transv. X 40.



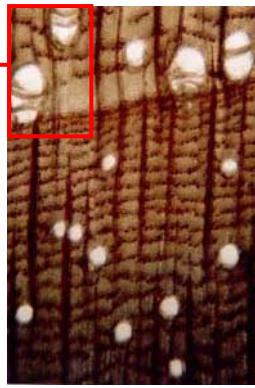
Nogal Transv. X 100.

<sup>2118</sup> “Hardwood expressions. At home with hardwoods”, Hardwood Manufacturers Association, Pittsburg, Pennsylvania, 2000.





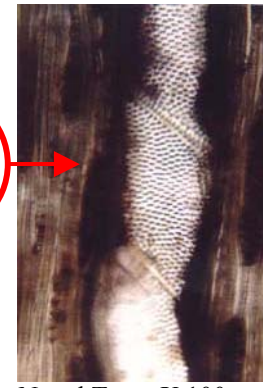
Nogal Transv. X 100.



Nogal Transv. X 40.



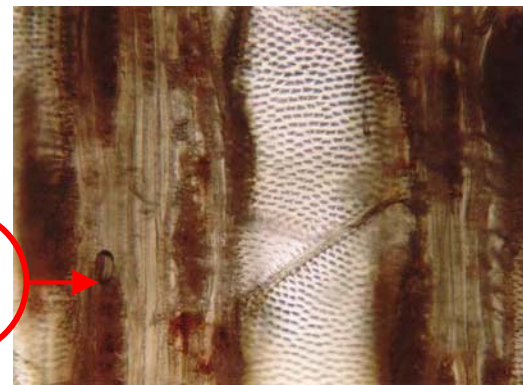
Nogal Tang. X 40.



Nogal Tang. X 100.



Nogal .Tang. x 100).



Nogal Tang.) x 400.



Sandro BOTTICELLI.  
*Historia de Nastagio Degli Onesti.*

Madera utilizada por:

- Sandro Filipepi Botticelli:
  - *Historia de Nastagio Degli Onesti*, (1483).
- Antón Rafael Mengs:

- *Noli Me Tangere*, (1771).<sup>2119</sup>

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas.	<p>Su grano varía mucho.</p> <p>Porosidad difusa a semianular.</p> <p>Vasos solitarios y en cortas filas radiales.</p> <p>Tíldes.</p> <p>Parénquima apotraqueal en cortas bandas tangenciales y paratraqueal escaso.</p> <p>Radiales de 1-2-4-y hasta 5 células de ancho, homogéneos y heterogéneo grupo III.</p> <p>Fibras libriformes.</p> <p>Cristales.</p> <p>Perforaciones simples.</p> <p>Poros difusos, solitarios y en cortas filas radiales.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Madera porosa de duramen pardo claro (M 420, M 422 y M424) o bien pardo grisáceo claro (M 426). El color de la albura es gris claro.<sup>2120</sup></p> <p>Color castaño grisáceo con vetas oscuras irregularmente distribuidas.</p> <p>Anillos visibles.</p> <p>Fibra recto a ondulado. Grano grueso.</p> <p>Albura y duramen se diferencian.</p> <p>Madera de peso inferior al haya.</p>
Propiedades	<p>Poco resistente a los insectos.</p> <p>Buena trabajabilidad.</p> <p>Moderadamente durable; corazón resistente a preservadores pero su albura es permeable.</p> <p>Contracción poco nerviosa (pequeña contracción).</p> <p>Puede curvarse. Madera elástica.</p> <p>Evitar las colas alcalinas como la caseína, pues producen manchas al reaccionar con los taninos.</p> <p>Semidura.</p> <p>Seca lentamente, pero luego es bastante estable.</p> <p>Densidad 630-670-680 Kg/m<sup>3</sup>. (651 Kg/m<sup>3</sup> al 12%).</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Muy atractiva en tableros.</p> <p>Utilizada en forma de chapas decorativas a la plana, no por desenrollo.</p> <p>Corteza rica en taninos.</p>

<sup>2119</sup> Al Bewer, op. cit., pág.457.

<sup>2120</sup> UNE 48.103:1994 (300 colores).

**Fraxinus excelsior L. (Oleaceae).**

Fresno.

Conocido en la mitología nórdica como Yggdrasil...”el árbol poderoso que apoya los cielos.” En materias terrenales, un caballo de trabajo: molinos de viento, herramientas de mano, el bate de béisbol y un banco de la iglesia suavemente estropeado. Ampliamente granulado y hendido con precisión. Una nueva construcción de desván encuentra confort familiar en la realización de un estante para libros de fresno o una silla doblada al vapor.<sup>2121</sup>

Internamente muy atractiva. Madera muy resistente y útil a la hora de hacer bastidores.



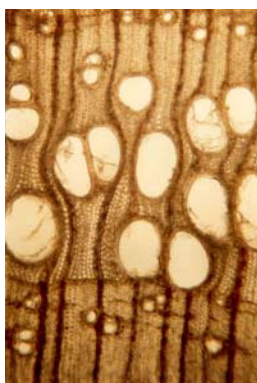
Fresno (*Fraxinus augustifolia* L.)



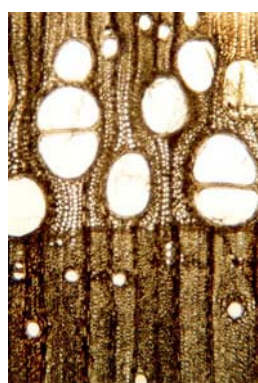
Fresno europeo (*Fraxinus excelsior* L.)



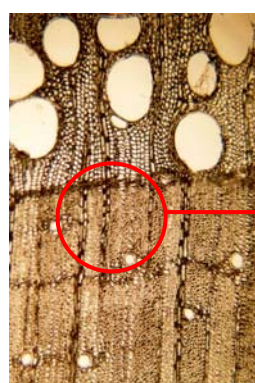
Fresno blanco americano.



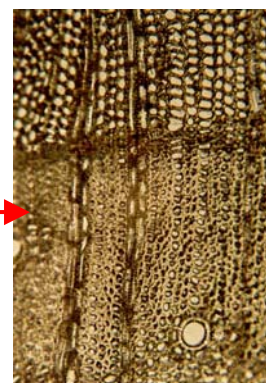
Fresno Transv. X 40.



Fresno Transv. X 40.

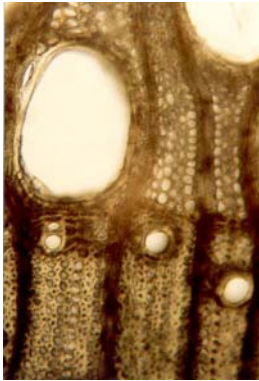


Fresno Transv. X 40.

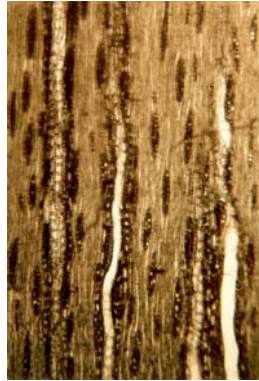


Fresno Transv. X 100.

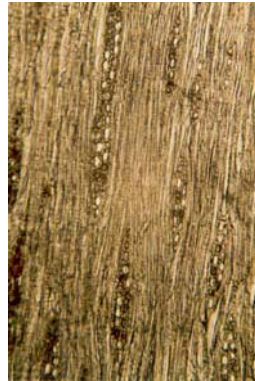
<sup>2121</sup> “Hardwood expressions. At home with hardwoods”, Hardwood Manufacturers Association, Pittsburg, Pennsylvania, 2000.



Fresno Transv x 100.



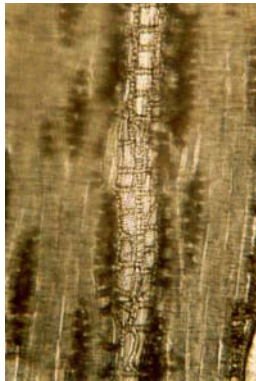
Fresno Tang. X 40.



Fresno Tang. X 100.



Fresno Tang. X 100.



Fresno tang. X 100.



## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas.	<p>Madera de anillos porosos.</p> <p>Vasos solitarios en cortas filas radiales y grupos.</p> <p>Parénquima paratraqueal vasicéntrico y terminal.</p> <p>Fibras libriformes gruesas en madera tardía.</p> <p>Radios poco visibles.</p> <p>Radios de 1-2-3 células de ancho.</p> <p>Radios homogéneos y heterogéneos grupo III.</p> <p>Placa perforada simple.</p> <p>Presencia de cristales.</p> <p>Porosidad anular.</p> <p>Los anillos se diferencian perfectamente.</p> <p>Longitud de fibra corta: 0,5 mm</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Tiene cierta semejanza en apariencia con el roble pero no presenta la figura de los radios de este último.</p> <p>Color blanco a rosa pálido. Color amarillo pálido M 515 o M 516 (UNE 48103).</p> <p>Albura y duramen no se distinguen.</p> <p>Fibra recta. Grano basto y sinuoso visible después de varias capas de pintura.</p> <p>Sin olor. Sabor a remolacha.</p> <p>De textura media, grano recto a ondulado.</p> <p>Peso variable, parecido al del haya.</p> <p>Crecimiento lento.</p> <p>Densidad 680-700-750 Kg/m<sup>3</sup>. (al 12% de H., 799 Kg/m<sup>3</sup>).</p> <p>Existen unas 40 especies.</p>
Propiedades.	<p>Gran elasticidad.</p> <p>Fuerte y muy rígida.</p> <p>Se desgasta poco y difícilmente se deforma.</p> <p>Fácil de trabajar. Hendible. Sin problemas de encolado y acabado.</p> <p>Muy solicitada para construir armazones y bastidores por su gran dureza.</p> <p>Puede ser doblada al vapor. Con tratamientos de vapor o en agua hirviendo puede ser prensada y darle la forma deseada.</p> <p>No durable y resistente a tratamientos de preservación.</p> <p>Seca pronto.</p> <p>Contracción nerviosa.</p> <p>Semidura y fibrosa.</p> <p>Inadecuada para exteriores, necesita tratamiento.</p> <p>Madera no durable.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Chapa a la plana.</p> <p>Taninos.</p>

**Ulmus carpinifolia Gled.** (Ulmaceae.)

Olmo europeo.

“El olmo como nace y el álamo como cae”<sup>2122</sup>  
*Refranero español*

Como ocurre con otras especies, los cortes tangenciales nos ofrecen unos ritmos muy interesantes en sus vasos seccionados longitudinalmente.



Olmo (Segovia).



Olmo (*Ulmus minor* Miller).



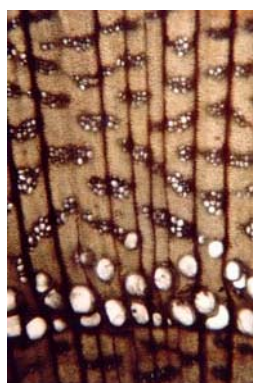
Olmo negrillo.



Olmo negrillo. Transv.



Olmo europeo  
(*Ulmus carpinifolia*).

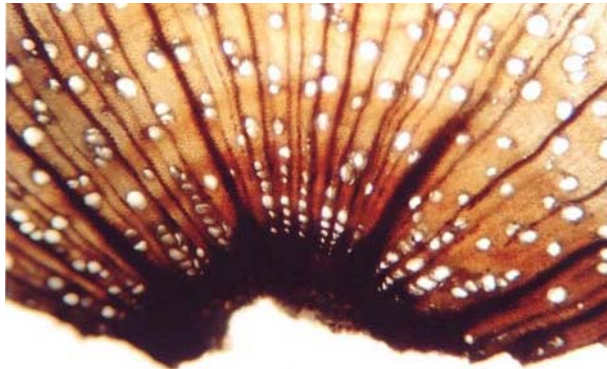


Olmo Transv. X 40.

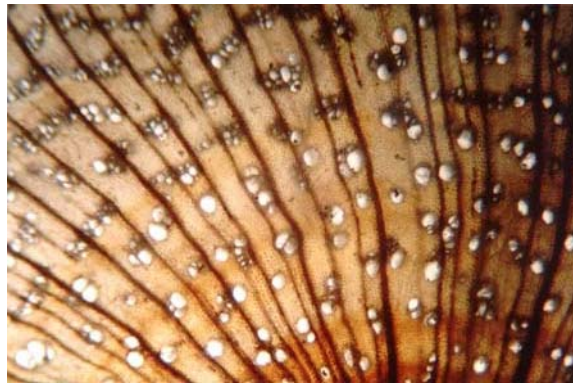


Olmo Transv. X 40.

<sup>2122</sup> Hace referencia a que, en la construcción, el olmo se utiliza para pilares, es decir, en posición vertical (como nace) y el álamo para vigas, en posición horizontal (como cae al ser talado). Hay otro refrán que quiere decir lo mismo: “El roble como nace y el pino como cae” (Mar Miranda Fontes, “El mundo de la madera a través de los refranes”, *Acomat*, año XII, nº 67, Madrid, noviembre-diciembre, 1990).



Olmo Transv. X 40. Médula.



Olmo Transv. X 40. Médula.



Olmo Tang. X 40.



Olmo Tang. X 40.



Olmo Tang. X 100.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Anillos porosos.          Poros solitarios agrupados en bandas tangenciales en la madera tardía.          Tilosis.          Parénquima paratraqueal.          Fibras libriformes gruesas.          Radios extendidos en el anillo. Radios de 1-4-5 y + células de ancho y poros en madera tardía en grupos tangenciales.          Radios visibles radialmente en forma de espejuelos.          Traqueidas vasculares.          Placa perforada simple.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Anillos visibles.          Marcado dibujo debido a los anillos de crecimiento.          Textura gruesa y grano irregular.          Color marrón claro o siena rojizo.          Grano basto. La fibra es irregular (recta o entrelazada).</p>
Propiedades	<p>Por lo general es una madera de grano cruzado y fibrosa que presenta dificultades tecnológicas para ser trabajada finamente.          Semidura-dura.          Se trabaja bien.          Inodora.          Seca pronto. Tiende a torcerse Fácil de curvar.          Medianamente nerviosa a nerviosa.          Encolado y pintado sin problemas. Madera muy porosa.          No resistente a los hongos (pero sumergida permanentemente sí).          Densidad 630-650-680 Kg/m<sup>3</sup></p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Elementos estructurales permanentemente húmedos: El Rialto de Venecia está construido sobre puntales de olmo.          Chapa corte a la plana.          Contrachapado.</p>



**Populus alba L.** (Salicaceae)

Chopo, Álamo.

“Los álamos bien alineados tienen siempre un aire distinguido, de día gris perla, de paseo de damas en coche y de amazonas.”

“Tienen una última coquetería otoñal los álamos y castaños de Indias. Parece que un dibujante distribuye sus hojas, busca efectos en su agonía, tiene en cuenta cómo se ha de destacar sobre el cielo cada detalle.”

*Greguerías Forestales.* Ramón Gómez de la Serna.

Poetas como Vicente Aleixandre dejaron, también, constancia de su cariño por los álamos, haciendo un poema al ya muerto y popular álamo situado en el centro del pueblo de Miraflores de la Sierra.<sup>2123</sup>



Álamo blanco.  
(*Populus alba*).



Álamo blanco.  
(*Populus alba*).



Álamo negro  
Var. Itálica  
(Segovia)



Álamo negro  
(*Populus nigra*).

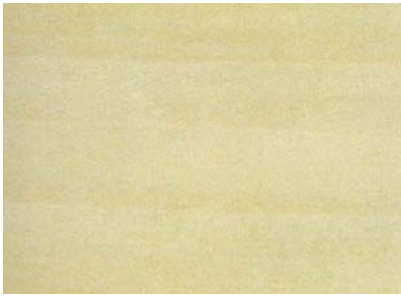


Álamo negro  
Segovia.



Chopo lombardo.  
(*Populus nigra*).

<sup>2123</sup> Tendría cerca de 300 años cuando murió, con una circunferencia de 6,50 m y una altura de 21 m.



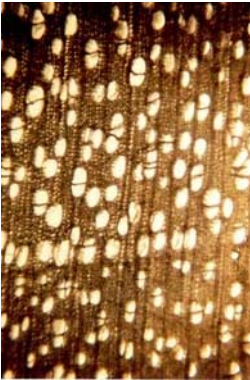
Álamo.



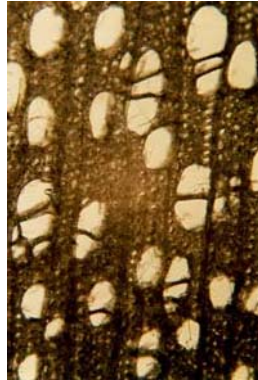
Chopo europeo.  
(*Populus alba*).



Chopo lombardo.  
(*Populus nigra*).



Álamo negro  
Transv. X 40.



Álamo negro  
Transv. X 100.



Álamo negro  
Tang. X 40.



Álamo negro  
Tang. X 100.



Álamo negro. Tang.  
X 100.



Leonardo Da VINCI.  
*La Gioconda*.

A comienzos de la segunda mitad del siglo XIII, comienza a usarse, específicamente *Populus Alba L.* Y otros *Populus sp.*, en la mayoría de los paneles de Italia central.

- De Leonardo da Vinci:
  - *La Gioconda*.
- De la Escuela Florentina tenemos:
  - *Virgen con el Niño*, (1420) témpera y óleo. (Fitzwilliam Museum, University of Cambridge).<sup>2124</sup>
- De Pietro Gerini (atrib.):
  - *Tríptico*, temple. (Colección privada).<sup>2125</sup>
- De Marco Palmezzano:
  - *El Matrimonio Místico de Santa Catalina*, (1537) Temple de huevo y óleo. Colección privada.<sup>2126</sup>

---

<sup>2124</sup> Vid. Ian McClure, *The Framing of wooden panels*, pág. 435, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.

<sup>2125</sup> Idem, pág. 444.

<sup>2126</sup> Vid. Al Brewer, *Practical aspects of the structural conservation of large panel paintings*, pág. 450, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Porosidad difusa a semianular.</p> <p>Poros solitarios y en grupos (<i>Populus</i> también posee filas radiales cortas).</p> <p>Parénquima apotraqueal difuso y en bandas terminales.</p> <p>Radios de 1 célula de ancho, heterogéneos III y homogéneos. Casi imperceptibles.</p> <p>Fibras libriformes.</p> <p>Placa perforada simple.</p> <p>No son casi diferenciables las dos especies.</p> <p>Poros difusos, solitarios y en cortas filas radiales.</p> <p>Poseen porosidad difusa con tendencia a semianular y prácticamente no diferenciables entre sí (<i>Salix sp.</i>, <i>Populus sp.</i>)</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Madera porosa de color blanco crema a beige o amarillo pálido.</p> <p>De textura fina a uniforme (grano fino), fibra recta.</p> <p>Ligera.</p> <p>No durable pero permeable a los preservadores.</p> <p>No se distingue albura de duramen.</p> <p>Anillos visibles.</p>
Propiedades	<p>Seca bien, con poca merma. Estable volumétricamente.</p> <p>Duro, no se agrieta.</p> <p>Madera blanda.</p> <p>Se trabaja bien.</p> <p>Medianamente nerviosa.</p> <p>Encolado sin problemas (no tienen sustancias de impregnación), pero admite mal el barniz por su porosidad. Problemas con los “bufidos” a la hora de encolar a altas temperaturas los contrachapados.</p> <p>Densidad 420-440-480 Kg/m<sup>3</sup>.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Se usó para marquetería generalmente teñido; <i>Populus nigra</i> y <i>P. alba</i>.</p> <p>Chapa.</p> <p>Estructuras ligeras.</p> <p>Pulpa para papel, pero no de gran resistencia mecánica (su fibra no es larga), por ello se utiliza como pasta de relleno que da al papel ligereza, opacidad, cuerpo y mayor absorción.</p> <p>Lana de madera.</p> <p>Tableros de virutas delgadas.</p> <p>Chapa por desenrollo y a la plana. Contrachapado.</p> <p>Alma de tableros.</p> <p>Es la madera de envase por excelencia (chapa de 3 o 4 mm obtenida de los desperdicios del cilindrado de las trozas.)</p>



**Tilia cordata Mill. (Tiliaceae).**

Tilo europeo.

Adecuada para talla por su grano fino, textura fina y uniforme ya que se consiguen detalles con facilidad.



Tilo (*Tilia platyphyllos* Scoop).



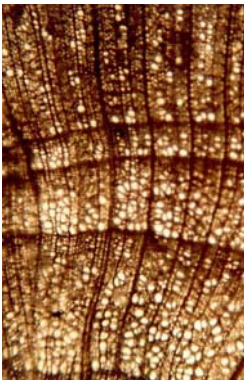
Tilo (*Tilia platyphyllos* Scoop).



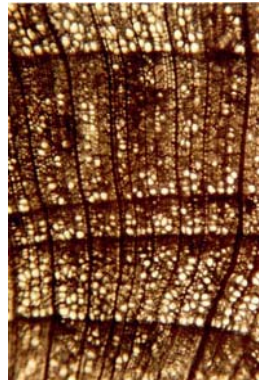
Tilo.



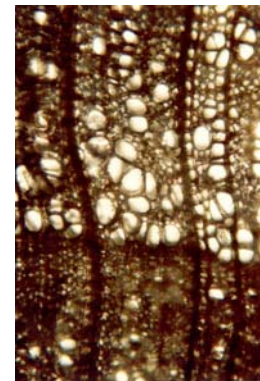
Tilo europeo (*Tilia cordata* Mill.).



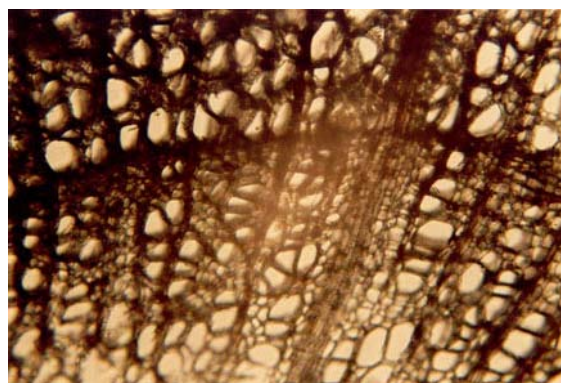
Tilo Transv. X 40.



Tilo Transv. X 40.



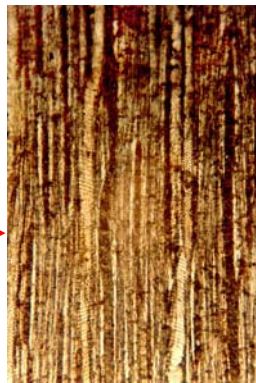
Tilo Transv. X 100.



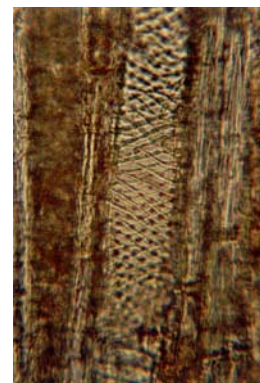
Tilo Transv. X 400.



Tilo Tang. X 40.



Tilo Tang. X 100.



Tilo Tang. X 400.

Tenemos ejemplos en.

- Lucas Cranach el Viejo: *María con el Niño* (1518).
- Hans Brosamer: *Retrato de Wolfgang Eisen* (1523).<sup>2127</sup>

---

<sup>2127</sup> Vid. Ulrich Schiessl, *History of structural panel painting conservation in Austria, Germany, and Switzerland*, pág. 216 y 228, en, Kathleen Dardes & Andrea Rothe (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Madera porosa, porosidad difusa a semianular.</p> <p>Poros solitarios, agrupados y grupos radiales cortos, con formas angulosas.</p> <p>Parénquima apotraqueal en cortas bandas tangenciales.</p> <p>Fibras libriformes de paredes finas.</p> <p>Fibrotraqueidas ocasionales.</p> <p>Radios distendidos en los anillos.</p> <p>Radios de 1-2-4 y +4 células de ancho.</p> <p>Placa perforada simple.</p> <p>Engrosamientos espiralados en los vasos.</p> <p>Poros difusos, solitarios y en cortas filas radiales.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Color casi blanco a amarillo crema que puede variar hasta marrón pálido. Fibra recta. Grano fino, textura fina y uniforme.</p> <p>La albura no se diferencia del duramen.</p>
Propiedades	<p>Tiene buena trabajabilidad pero es poco resistente aunque permeable a los preservadores.</p> <p>Seca rápido. Estable. Tendencia a la torsión.</p> <p>Se trabaja bien.</p> <p>Encolado y acabado sin problemas.</p> <p>No muy duradera.</p> <p>Muy blanda.</p> <p>No es demasiado fuerte (parecida al falso plátano).</p> <p>Poco susceptible a infectarse (utensilios de cocina).</p> <p>Densidad 520-540-560 Kg/m<sup>3</sup>.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>De las mejores para talla por la facilidad para conseguir detalles. Talla durante el XVII (imaginería española)..</p> <p>Resistente a fendarse.</p> <p>Estructuras de colmenas.</p> <p>Tallas durante la Edad Media.</p> <p>Lápices.</p>

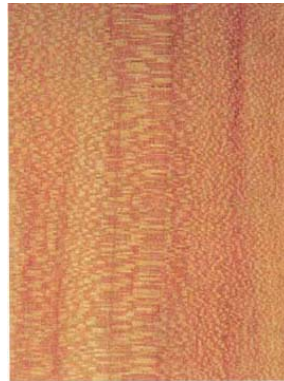
**Prunus avium L.** (Rosaceae).

Cerezo.

Presentamos también al ciruelo junto con el cerezo por la enorme belleza de su madera, fiel reflejo de su estructura interna, que da un enorme juego estético.



Almendro (Riaza.  
Segovia).



Cerezo.



Cerezo.

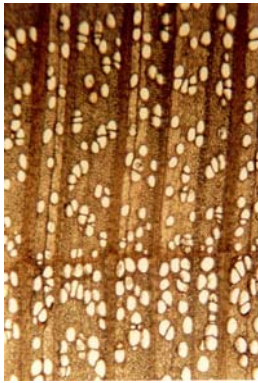


Ciruelo de Pissard.  
(*Prunus cerasifera*  
var. *Pissardii*).

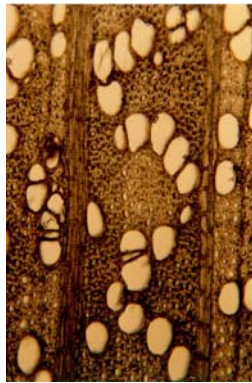


Ciruelo.

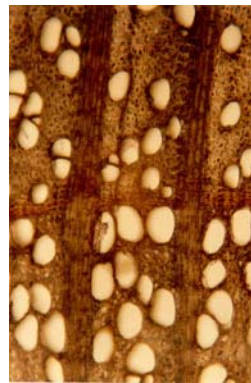




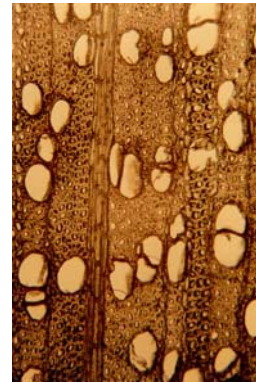
Cerezo. Transv. X 40



Cerezo. Transv. X 100



Cerezo. Transv. X 100



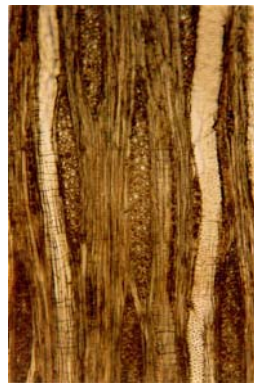
Cerezo. Transv. X 100



Cerezo. Tang. X 40.



Cerezo. Tang. X 40



Cerezo. Tang. X 100



Cerezo. Tang. X 100



Cerezo. Tang. X 100



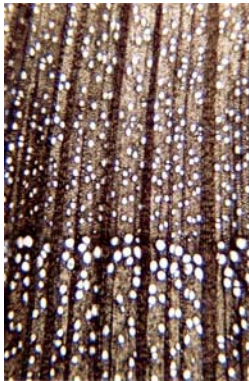
Cerezo. Tang. X 100



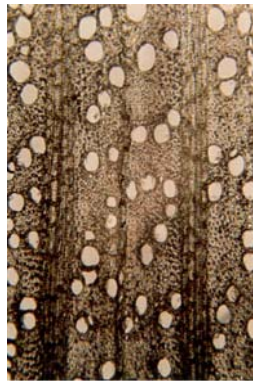
Cerezo. Tang. X 100



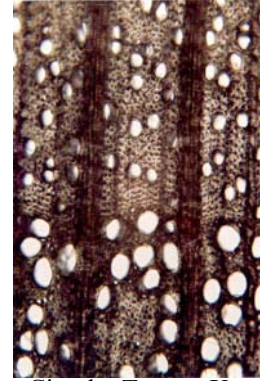
Cerezo. Tang. X 100



Ciruelo. Transv. X 40



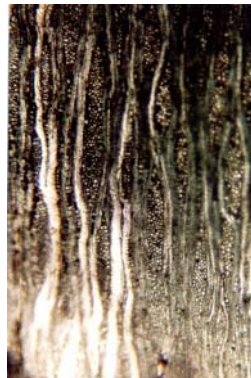
Ciruelo. Transv. X 100



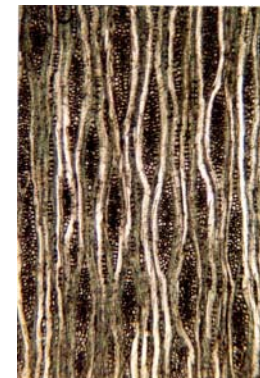
Ciruelo. Transv. X 100



Ciruelo. Tang. X 40

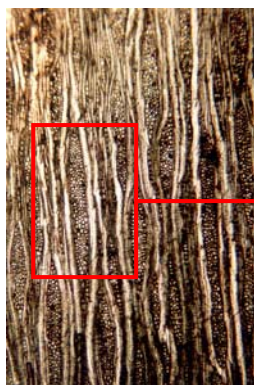


Ciruelo. Tang. X 40

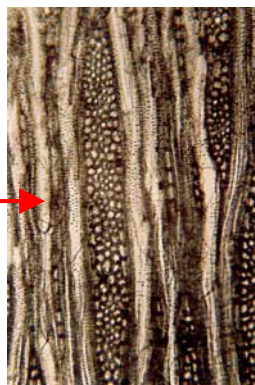


Ciruelo Tang. X 40





Ciruelo. Tang. X 40



Ciruelo. Tang. X 100



Ciruelo. Tang. X 100

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Madera porosa, porosidad difusa.          Poros solitarios y en grupos radiales.          Tilosis.          Parénquima apotraqueal difuso.          Fibrotraqueidas y fibras libriformes de paredes gruesas.          Radios de 1-2-4-células de ancho, homogéneos a heterogéneo III.          Cristales.          Placa perforada simple.          Poros difusos, solitarios y en cortas filas radiales.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Color pardo rosada que puede cambiar a rojo caoba y puede presentar bandas y vetas gomosas.          Albura y duramen se diferencian.          Anillos fácilmente diferenciables.          Fibra recta, grano fino.</p>
Propiedades	<p>Es la más versátil madera de los frutales.          Resistente, fácil de trabajar y moderadamente durable.          Medianamente nerviosa.          Semidura.          Puede curvarse.          Encolado y acabado sin problemas.          Densidad 610-630 Kg/m<sup>3</sup>.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Fue usada en la marquetería del XVII-XVIII.          Chapa y contrachapados.          La chapa de raíz para usos decorativos.          Lápicos.</p>

**Acer pseudoplatanus L.** (Aceraceae.)

Arce.

Usada en tableros, no se prodiga demasiado por nuestro país.



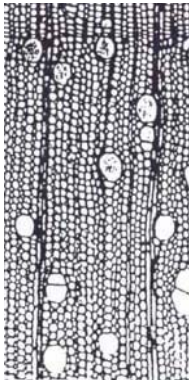
Arce blanco  
(*Acer pseudoplatanus*).



Arce.



Arce (*Acer pseudoplatanus L.*)



Arce  
(*Acer pseudoplatanus L.*)  
Transv. X 40.



Arce  
(*Acer pseudoplatanus L.*)  
Tang. X 100

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas.	<p>Porosidad difusa.          Poros solitarios y en cortas filas radiales.          Parénquima apotraqueal difuso.          Fibras libriformes de paredes variables en grosor.          Radios visibles. Radios distendidos en el anillo.          Radios homogéneos de 1-2 - 3-6-células de ancho.          Placa perforada simple.          El género puede separarse en dos grupos respecto a los radios medulares.  <i>Acer campestris</i> (es el europeo) tiene 2-3 células de ancho y hasta 30 células de alto.  <i>Acer platanoides</i> y <i>A. pseudoplatanus</i> (falso plátano o sicomoro) tienen hasta 7 células de ancho y hasta 70 de alto. El segundo es la especie más importante en Europa.          Poros difusos, solitarios y en cortas filas radiales.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Madera de color pálido (blanco o amarillo claro)          No se diferencian albura y duramen. No tiene olor ni sabor.          Fibra recta u ondulada. Grano fino.          Madera compacta y homogénea.          Grano continuo a ondulado (arce europeo)</p>
Propiedades	<p>Secado lento. No se agrieta.          De fácil trabajo. Medianamente nerviosa.          Semidura.          Puede curvarse al vapor.          Encolado y acabado sin problemas.          No durable. Necesita tratamiento para uso exterior.          Densidad 610-640-680 Kg/m<sup>3</sup>.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Chapa a la plana.          Se usó mayormente en tableros y marquetería por su color blanco.          Tableros de carpintero.</p>

***Alnus glutinosa* L. Gaertn. (Betulaceae.)**

Aliso.

Madera resistente. Sus estructuras forman un interesante tejido en la madera de transición.



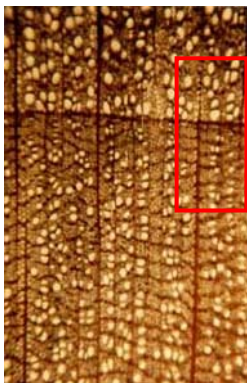
Aliso (*Alnus glutinosa*).



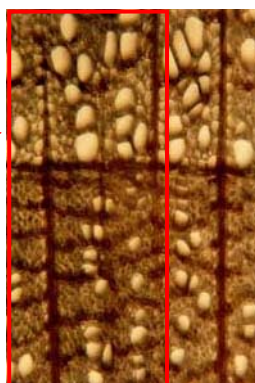
Aliso.



Aliso americano  
(falso cerezo).



Aliso Transv. X 40.



Aliso Transv. X 100.



Aliso Tang. X 40.

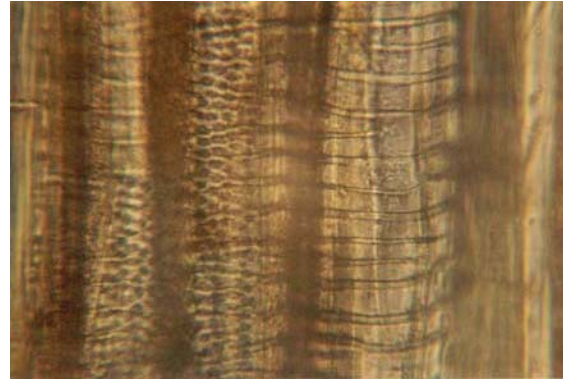


Aliso Tang. X 100.

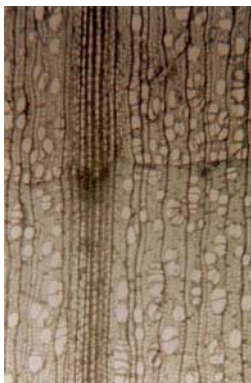




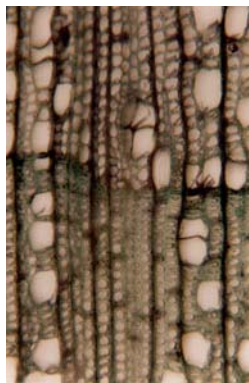
Aliso Tang. X 40.



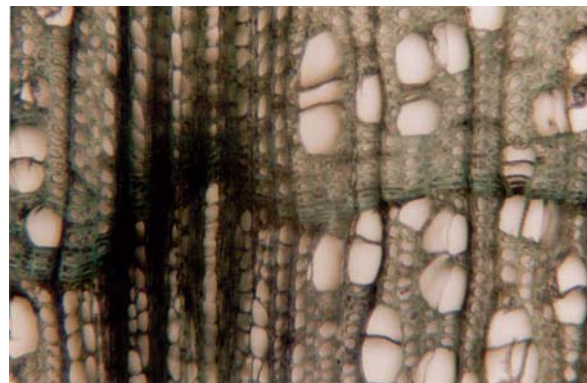
Aliso Tang. X 400.



Aliso americano  
(falso cerezo).  
Transv. X 40.



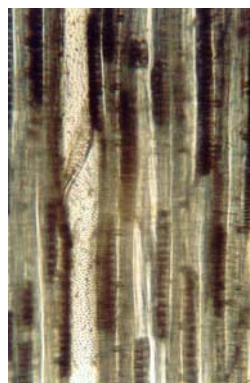
Aliso americano  
(falso cerezo).  
Transv. X 100.



Aliso americano (falso cerezo). Transv. X 100.



Aliso americano  
(falso cerezo). Tang.  
X 40.



Aliso americano  
(falso cerezo). Tang.  
X 100.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Porosidad difusa y semianular.</p> <p>Vasos en largas filas radiales hasta 12, solitarios y agrupados.</p> <p>Parénquima apotraqueal difuso.</p> <p>Anillos anuales ondulados, fundamentalmente donde existen radios agregados. Anillos bien marcados. (Presencia de radios agregados.)</p> <p>Radial de 1-3 células, homogéneos.</p> <p>Fibrotraqueidas y fibras libriformes.</p> <p>Placa perforada escaleriforme de 10 a 20 y más barras.</p> <p>Poros difusos en largas filas radiales.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Su color es pálido al ser cortada, tornándose pardo-anaranjado, incluso rosa, al poco tiempo. Madera color amarillo pálido M 514 y M 515 (UNE 48103).</p> <p>Olorosa (recuerda a la zanahoria o el azafrán)</p> <p>La madera de albura no se diferencia de la del duramen.</p> <p>De grano fino. Fibra recta.</p> <p>Poco nerviosa.</p> <p>Blanda y ligera.</p> <p>Densidad media: 500-530-550 Kg/m<sup>3</sup>. (Al 12% de H., 560 Kg/m<sup>3</sup>).</p>
Propiedades	<p>Fácil aserrado y buen acabado.</p> <p>Muy resistente.</p> <p>No durable. Sumergida tiene un buen comportamiento.</p> <p>Encolado y acabado sin problemas. Madera muy absorbente</p> <p>No se comporta bien con la alternancia higrométrica.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Chapa a la plana y desenrollo. Contrachapado (no muy apropiado por los nudos.). Chapas soporte de contrachapados.</p> <p>Tableros de carpintero.</p> <p>Reglas y escuadras de dibujo.</p> <p>Pilotajes en Venecia.</p> <p>Pasta para papel.</p> <p>Corteza rica en tanino.</p>



**Swietenia sp. (Meliaceae)**

Caoba. *Swietenia mahagoni* (Caoba de Cuba), *Swietenia macrophylla* (Caoba americana).<sup>2128</sup>

Por su prohibitivo precio, su uso quedó limitado a artistas con suficientes recursos económicos. Artistas como Rembrandt usaron esta madera (*Swietenia mahagoni*) como soporte de algunas de sus obras.<sup>2129</sup>

- Autorretrato.
- Saskia.
- Susana Bathing.
- Christ at Meaux.
- Young man.
- Old man in a fanciful costume.

Otras obras de Rembrandt, sobre tabla, en las que utiliza otras especies tropicales:

- *Cariniana legalis* o *Cariniana estrellensis*:
  - Anna accused by Tobit.
  - Joseph's dream.
- *Cedrela odorata*:
  - Raising of the Cross.
  - Man holding a glove.
  - The Holly Family.
  - The Visitation.

Rembrandt es el único artista en el que se han encontrado paneles que fueron cortados del mismo árbol, algunos presentan tablas del centro e incluso muestran albura en sus extremos.

Otro importante artista que utilizó este tipo de madera fue J.M.W: Turner en su Historia de Apolo y Daphne (Tate Gallery, Londres). Esta pintura es muy interesante porque, a pesar de su tamaño: 1100 x 1990, se

---

Tipos de caoba: “ (...) 1.- **Swietenia** (América tropical): **a)** *Swietenia macrophylla* y **b)** *Swietenia mahagoni*. 2.- **Entandrophragma** (África tropical): **a)** *Entandrophragma utile*, **b)** *Entandrophragma angolense* y **c)** *Entandrophragma cylindricum*. 3.- **Khaya** (África tropical): **a)** *Khaya ivorensis*, *Khaya anthoteca* y **b)** *Khaya senegalensis*” (Fritz Spannagel, Tratado de ebanistería, Editorial Gustavo Gili S.A., 3ª edición, Barcelona, 1975, pág. 42.)

<sup>2129</sup> Vid. Peter Klein, Op. Cit., págs. 47 y 48.

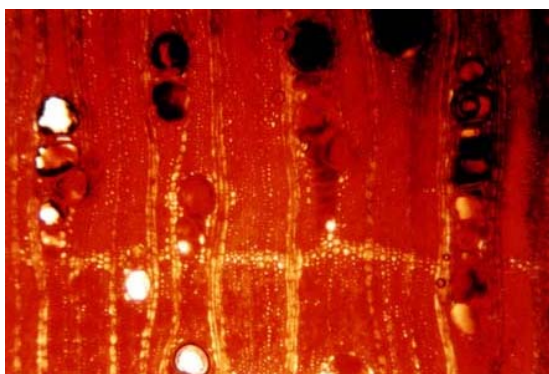
encuentra realizada sobre una sola tabla de caoba, con grosores de 10 (extremos biselados) a 20 mm (en su centro).<sup>2130</sup>



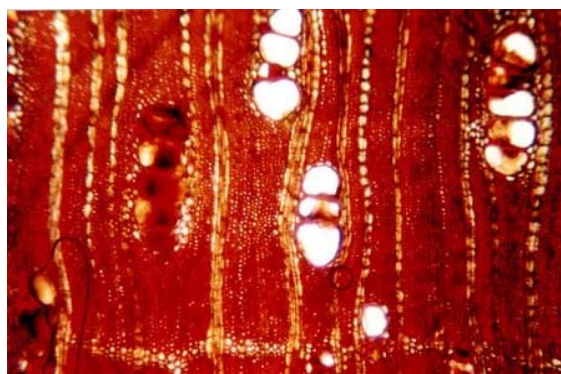
Caoba de América.



Caoba de Cuba. Imagen de la derecha barnizada.



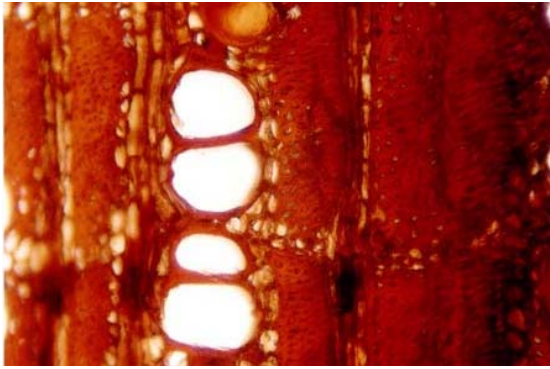
Caoba Transv. X 40.



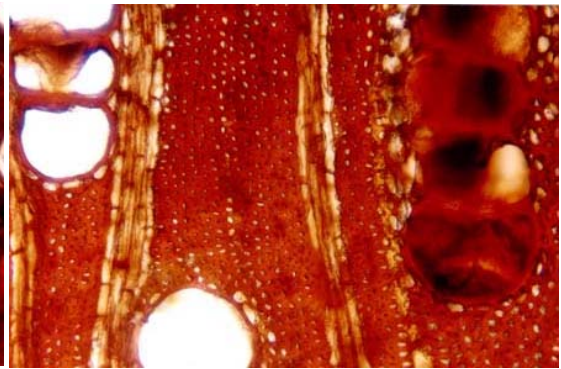
Caoba Transv. X 40.

---

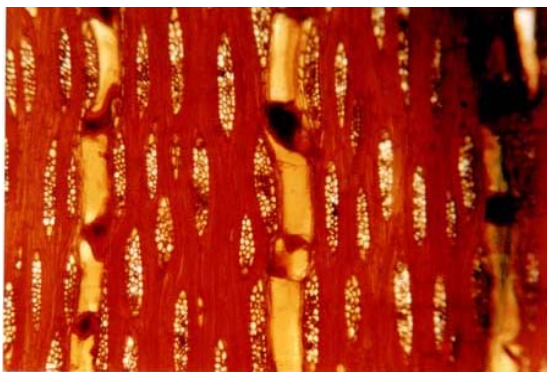
<sup>2130</sup> Al Brever, op. cit., pág. 452.



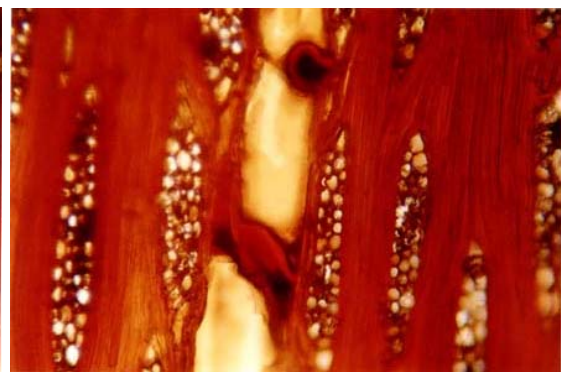
Caoba Transv. X 100.



Caoba Transv. X 100



Caoba Tang. X 40.



Caoba Tang. X 100.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Porosidad difusa.</p> <p>Poros solitarios y en grupos radiales, escasos conglomerados.</p> <p>Gomas y resinas en el interior de los vasos y en las células de los radios medulares.</p> <p>Parénquima paratraqueal vasicéntrico marginal.</p> <p>Radios finos y visibles.</p> <p>Radios heterogéneos de 2-4 células de ancho, con tendencia a la estratificación.</p> <p>Placa perforada simple.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Color pardo rojizo, canela rosado (oscurece con los años).</p> <p>Albura claramente diferenciada.</p> <p>Anillos visibles.</p> <p>No tiene olor ni sabor.</p> <p>Textura media. Fibra recta. Grano fino-medio.</p>
Propiedades	<p>Seca bien. Estable. No se alabea.</p> <p>Medianamente nerviosa.</p> <p>Madera durable</p> <p>Semidura.</p> <p>Fácil de trabajar.</p> <p>Sin problemas de encolado.</p> <p>Densidad de la caoba americana: 510-550-580 Kg/m<sup>3</sup>. La caoba de cuba: 700-720-770 Kg/m<sup>3</sup>.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Se introdujo por primera vez en Europa en 1597 procedente de Cuba, Haití, Santo Domingo y Puerto Rico. La importaron en Inglaterra a partir de 1730, Se utilizó extensivamente en Inglaterra y los Estados Unidos como parte sólida y chapa (por desenrollo y a la plana).</p> <p>Para bloques de grabado.</p> <p>Contrachapados.</p>

## 12.2 Otras maderas utilizadas para confeccionar soportes o para fabricar prototipos.

	Familia	Nombre botánico	Nombre vulgar	Otros nombres vulgares usados	Denominación inglesa
Gimnospermas ( <i>coníferas</i> )	<i>Pinaceae</i>	<i>Cedrus libani</i>	Cedro del Líbano	Cedro de Salomón	Lebanon cedar

	Familia	Nombre botánico	Nombre vulgar	Otros nombres vulgares usados	Denominación inglesa
Angiospermas ( <i>Frondosas</i> )	<i>Betulaceae</i>	<i>Betula alba L</i>	Abedul		Silver birch. European birch.
	<i>Burseraceae</i>	<i>Aucoumea Klaineana Pierre.</i>	Okume	Ocume.	Okoume.Gaboon.
	<i>Bombacaceae</i>	<i>Ochroma lagopus Sw.</i>	Balsa		Balsa Corkwood..
	<i>Sterculiaceae</i>	<i>Triplochiton scleroxylon K. Schum</i>	Samba	Obeche, Ayous, Abachi o Abaqui, Alki	Obeche

**Cedrus sp. (Pinaceae).**

Cedro. *Cedrus libani* (Cedro del Líbano), *C. Atlántica* (Cedro del Atlas, en Argelia y Marruecos) y el Cedro del Himalaya.

“(…) Así te habla el Señor: Oh Tiro, tu dijiste: perfecta soy en belleza. Reclinada en el seno del mar, con abetos del Sanir has visto fabricar tus casas y tus naves, con cedros del Líbano tus entenas, tus remos con las encinas de Basán, los bancos de tus remeros con la madera de las islas de Italia (…)

*Ezequiel, XXVII, (poesías).*

Además de las buenas propiedades que posee, su atractivo interno queda patente en las muestras que aquí presentamos. La inclusión de parénquima establece ritmos de color en la sección transversal. La sección radial aparece bastante sobria pero a cuatrocientos aumentos se hacen perfectamente visibles los campos de cruce y las punteaduras, aunque éstas últimas son apreciables ya a cien aumentos.



Cedro del Líbano (*Cedrus Libani*)



Cedro del Himalaya (*Cedrus deodara*).  
Parque del Retiro.



Cedro del Himalaya (*Cedrus deodara*).



Cedro de California (*Calocedrus decurrens*.)



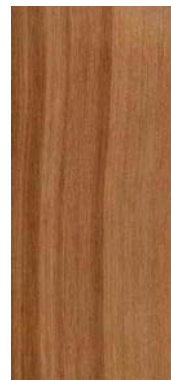
Cedro del Líbano (*Cedrus Libani*)



Cedro del Himalaya

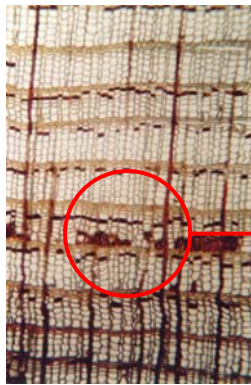


Cedro del Atlas

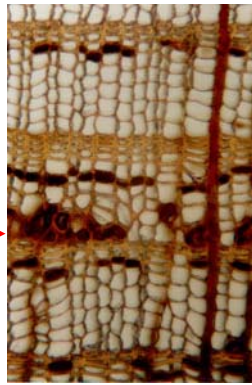


Cedro.



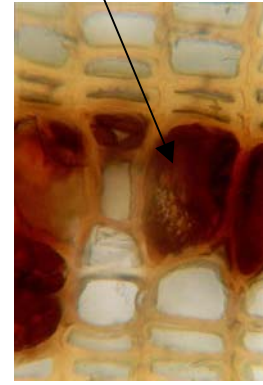


Cedro Transv. x 40.

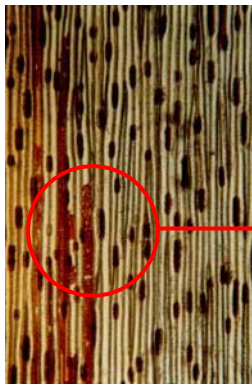


Cedro Transv. x 100.

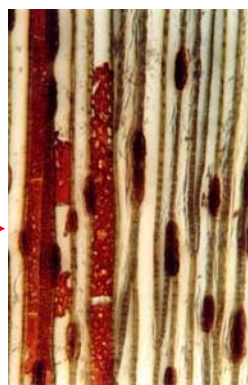
Parénquima.



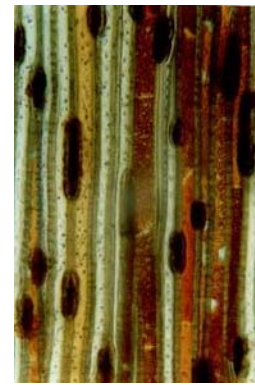
Cedro Transv. x 400.



Cedro Tang. x 40.



Cedro Tang. x 100.



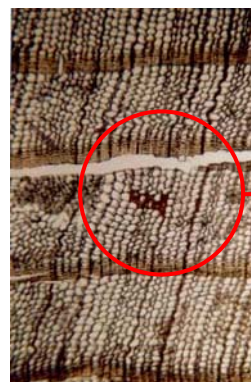
Cedro Tang x 100.



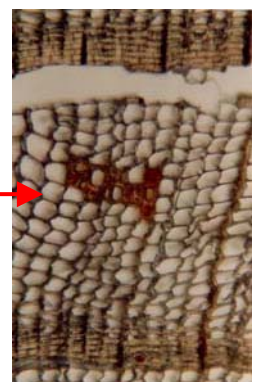
Cedro Radial x 40.



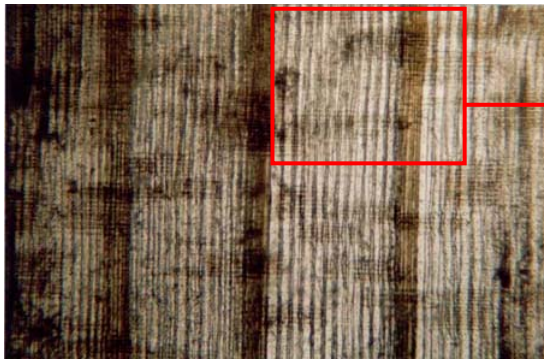
Cedro Radial x 100.



Cedro.  
Transv. x 40.



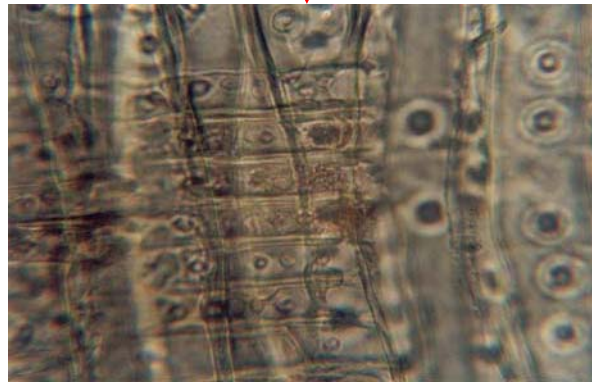
Cedro.  
Transv. x 100.



Cedro. Radial x 40.



Cedro. Radial x 100.



Cedro. Radial x 400.





La mayoría de los retratos de El Faiyum están realizados sobre tabla, principalmente de cedro del Líbano, aunque se cree que, también, algunos de ellos pueden haberse realizado sobre tilo.<sup>2131</sup>

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	No tiene canales resiníferos.
Características identificativas macroscópicas	Madera no porosa de color marrón claro o rojo pardusco. Con anillos de crecimiento bien definidos, olor aromático fuerte debido a la resina amarillo oscura que tiene (aumenta cuando se frota la madera). Anillos visibles. Radios visibles. Fibra recta y grano fino-medio. Muchos nudos.
Propiedades	Repelente a la polilla, aunque es atacable por otros tipos de insectos. Peso medio. Fácil de trabajar pudiendo adquirir buena terminación. Durable aunque se ha observado ataques de algunos insectos. Corazón resistente a tratamientos con preservadores y albura más permeable. Madera blanda-semidura. Inastillable. Seca bien. Tiende a torcerse. Es quebradiza y no fuerte. Se trabaja bien. Encolado sin problemas. Aconsejable utilizar pinturas al agua para evitar que los aceites trepen a la superficie. Medianamente nerviosa. Resiste a los hongos y a las termitas. De gran durabilidad. Densidad 550-580 Kg/m <sup>3</sup> .
Posibilidades de uso artístico	En Norteamérica y Europa para marquetería. El Cedro del Líbano es el cedro de la antigüedad: Tumbas de faraones como Tutankamen (1360-1335 a. de JC.), tablillas El Fayum, Templo de Salomón (993-953 a. de JC.), etc. Exfoliada en chapas decorativas. Lápices. Con el Cedro de California <sup>2132</sup> se fabrican las vainas para los lápices para pastel Othelo, por ejemplo.

<sup>2131</sup> John Berger, “El enigma de El Faiyum”, *Semanal El País, Diario El País*, Año XXIII, Madrid, domingo 20 de diciembre, 1998, pág. 43.

<sup>2132</sup> “(...) —¡Cómo!¿ Hay allí árboles aún más altos? — Sin duda, entre los que llamamos «maam mothtrrs». En California se ha visto un cedro de 450 pies de altura, es decir, más alto que la torre del Parlamento y que la gran pirámide de Egipto. La base tenía 120 pies de circunferencia, y por las capas concéntricas de su madera pudo calcularse que tenía más de 4.000 años” (Julio Verne, *Cinco semanas en globo*, R.B.A. Editores, Barcelona, 2002, pág. 137).

**Betula alba L. (Betulaceae).**

Abedul.

Los abedules plantados en la Casa Blanca en honor de las madres de los Presidentes americanos. El abedul evoca las canoas, la vara de la escuela, el prototipo de la pinza de la ropa y el gran cucharón de madera para el helado de la abuela.<sup>2133</sup>

Madera ya imprescindible en la fabricación de tableros. Su porosidad difusa la hace interesante en la sección transversal.



Abedul (*Betula pendula*). Parque del Oeste.



Abedul (*Betula pendula*). Jardín Botánico de Madrid.



Abedul *Betula pendula*. Detalle.



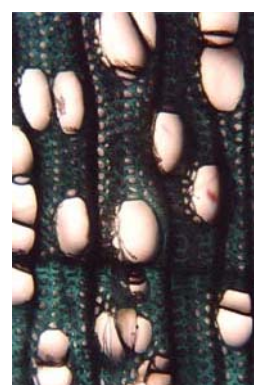
Abedul.



Abedul.



Abedul Transv. X 40.



Abedul Transv. X 100.

<sup>2133</sup> "Hardwood expressions. At home with hardwoods", Hardwood Manufacturers Association, Pittsburg, Pennsylvania, 2000.



Abedul Tang. X 40.



Abedul Tang. X 100.



Abedul Tang. X 100.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	<p>Porosidad difusa: Poros solitarios o diseminados y en cortas filas radiales.</p> <p>Parénquima apotraqueal difuso.</p> <p>Radios en agregados poco frecuentes. Radios poco visibles.</p> <p>Radios de 2-4-5 células de ancho, homogéneos a heterogéneo grupo III.</p> <p>Placa perforada escaleriforme con 10-25 barras.</p>
Características identificativas macroscópicas	<p>Textura fina homogénea. De grano fino continuo.</p> <p>De color blanco amarillento, matizado de gris o rosa. Madera de color amarillo naranja pálido M 546 (UNE 48.103).</p> <p>Bastante pesado.</p> <p>Anillo estrecho e irregular.</p> <p>Sin olor ni sabor.</p> <p>Fibra ligeramente revirada.</p> <p>No se diferencian albura y duramen.</p>
Propiedades	<p>Parecidas a la del fresno en cuanto a dureza y resistencia.</p> <p>Se trabaja bien.</p> <p>Medianamente nerviosa.</p> <p>No se agrieta.</p> <p>Encolado y acabado sin problemas.</p> <p>Semidura.</p> <p>No resistente.</p> <p>No durable. Se altera al aire.</p> <p>Densidad 640-660-670 Kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Existen 35 variedades.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Chapas por desenrollado y corte a la plana.</p> <p>Contrachapado (Importante en Finlandia y Rusia). Excelente como contrachapado estructural.</p> <p>Fabricación de papel.</p>

**Aucoumea Klaineana Pierre. (Burseraceae).**

Okume. Okoume. Gaboon.

Del ocume ya está todo dicho. Absolutamente imprescindible como tablero soporte, conocido por todos, combina buenas cualidades, además de ser asequible su precio y fácil su compra.



Okume.



Okume.



Okume de contrachapado.  
Transv. X 40.



Okume Tang. X 100.

**FICHA TÉCNICA**

Características identificativas microscópicas	Vasos abundantes de grosor mediano muy largos.
Características identificativas macroscópicas	Color rosa pálido. Textura fina. Grano mediano. Fibra recta. Poco peso. No se aprecian los anillos. Radios finos y poco visibles. La albura se diferencia perfectamente. Carece de sabor. Fibra recta-ligeramente ondulada. Grano fino-medio. Resistente a la pudrición. Radios imperceptibles.
Propiedades	Alto contenido en sílice. Dificultad de aserrado, por eso se exfolia en chapas. No adecuado para ambientes propensos a la podredumbre. Densidad 430-440-450 Kg/m <sup>3</sup> . Poco nerviosa (Contracción pequeña). Poco durable. Sin problemas de encolado y acabado. Trabajo fácil. Desgasta las herramientas. Recomendable útiles de carburo de tungsteno o los de acero súper rápido (HSS). Blanda. Ligera. Elástica.
Posibilidades de uso artístico	Fácil desenrolle: Contrachapado. Chapa intermedia, chapa vista. También chapa a la plana. Tableros alistonados.



**Ochroma lagopus Sw.** (Bombacaceae).

Balsa.

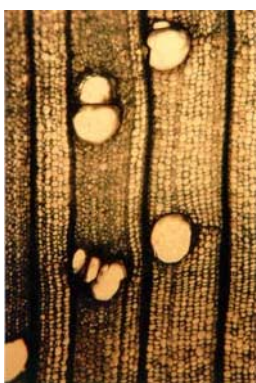
Utilizable en pequeños soportes dado el pequeño formato de su presentación comercial. Idónea para aligerar peso.



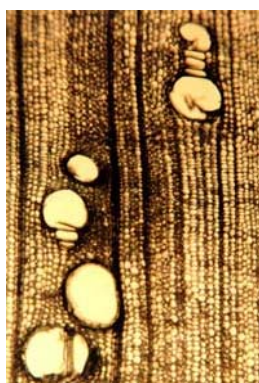
Balsa



Balsa (secciones tangencial y radial.)



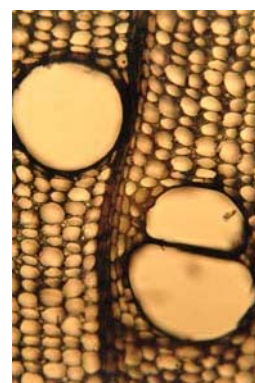
Balsa Transv. X 40.



Balsa Transv. X 40.



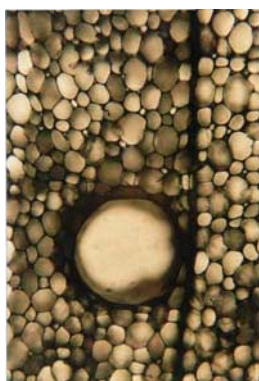
Balsa Transv. X 100.



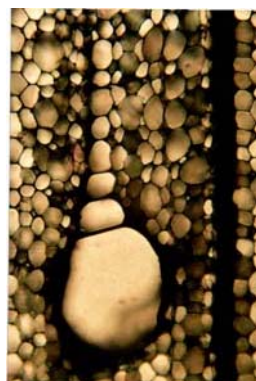
Balsa Transv. X 100.



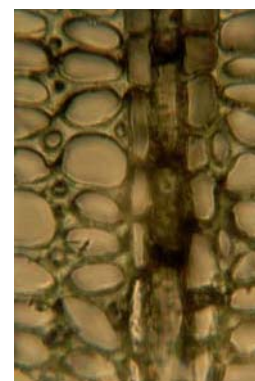
Balsa Transv. X 100.



Balsa Transv. X 100.



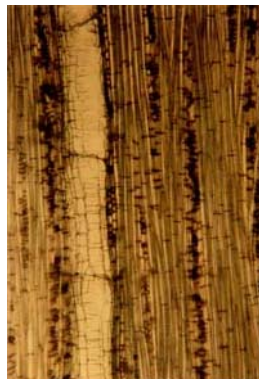
Balsa Transv. X 100.



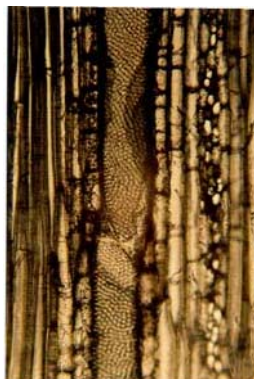
Balsa Transv. X 400.



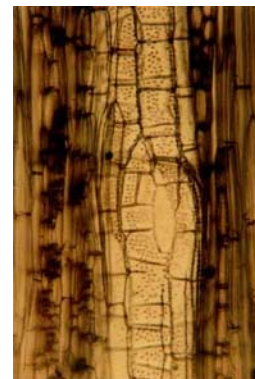
Balsa Tang. X 40.



Balsa Tang. X 40.



Balsa Tang. X 100.



Balsa Tang. X 100.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	
Características identificativas macroscópicas	De color blanco y ligeramente rosada en ocasiones. Grano recto. Radios visibles y de tamaño medio. Tacto suave y aterciopelado. No se diferencia la albura. Textura uniforme y algo gruesa.
Propiedades	Secado rápido. Estable. Fácil de trabajar. Poco nerviosa. Muy blanda. Encolado y acabado sin problemas. Elevada absorción. Fibra recta. Grano grueso. Aislante. Porosa. Poca resistencia. Densidad 140-160 Kg/m <sup>3</sup> . Es la madera más ligera de las comercializadas.
Posibilidades de uso artístico	Como alma de tableros ligeros o estratificados.



**Triplochiton scleroxylon K. Schum.** (Sterculiaceae).  
Obeche, Samba Ayous, Abachi o Abaqui, Alki.

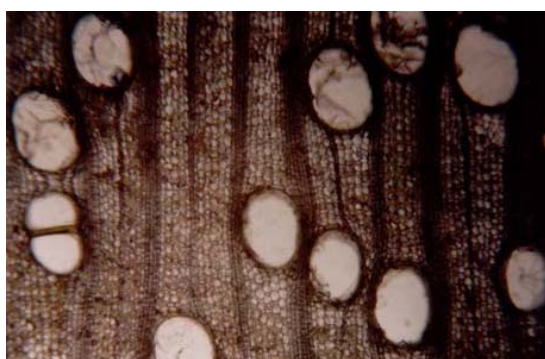
Junto con el pino, es la madera en listones más fácil de encontrar aquí. No muy popular entre los importadores de maderas por su poca resistencia y escasa belleza externa. Muy utilizada en la fabricación de bastidores.



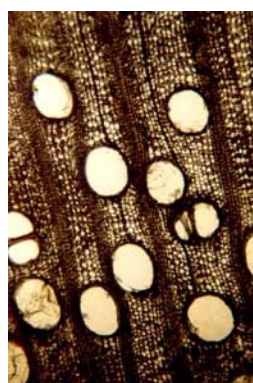
Samba.



Samba



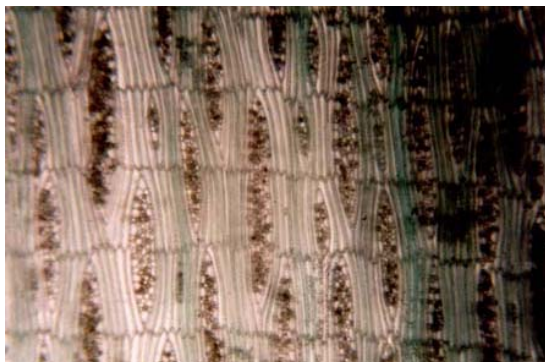
Samba Transv. X 40.



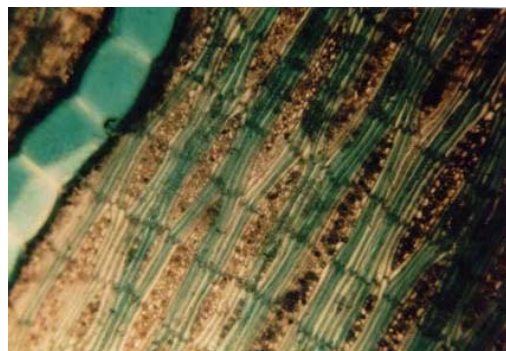
Samba Transv. X 40.



Samba tñlides.  
Transv. X100.

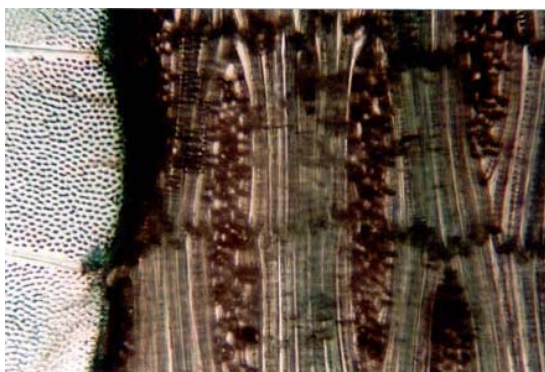


Samba Tang. X 40.

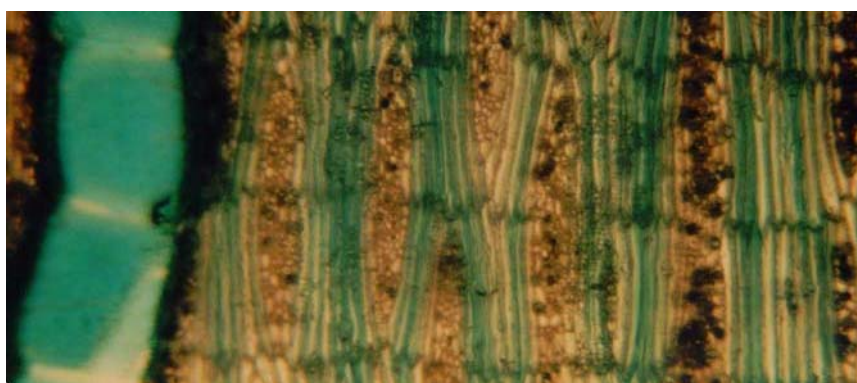


Samba Tang. X 40.





Samba Tang. X 100.



Samba Tang. X 100.

## FICHA TÉCNICA

Características identificativas microscópicas	
Características identificativas macroscópicas	<p>Agradable apariencia. Color amarillo pajizo pálido.</p> <p>Textura media. Grano entrecruzado.</p> <p>Apenas se distingue la albura.</p> <p>Radiales finos y poco visibles.</p> <p>Fibra recta, a veces entrelazada. Grano medio-grueso.</p>
Propiedades	<p>De color amarillo claro uniforme, a veces con zonas azuladas.</p> <p>Es de las frondosas de menor peso que se utilizan.</p> <p>Seca rápidamente. Estable.</p> <p>Ligera. No fuerte. Astillable.</p> <p>Medianamente nerviosa.</p> <p>Encolado y acabado sin problemas.</p> <p>Muy blanda.</p> <p>Madera no durable.</p> <p>Fácil de trabajar. Puede curvarse.</p> <p>Densidad 370-390-400 Kg/m<sup>3</sup>.</p> <p>De los mejores sustitutos del okumé.</p>
Posibilidades de uso artístico	<p>Chapas de calidad.</p> <p>Armazones de muebles. Bastidores.</p> <p>Contrachapados.</p> <p>Alistonados.</p> <p>Talla.</p>



## CONCLUSIONES.

Hemos podido constatar que muchos de los problemas padecidos por la madera son perfectamente eliminables o, por lo menos corregibles. Que muchas veces dichos problemas surgen de una mala manipulación de la misma, de no tener en cuenta su naturaleza.

Hemos expuesto muchas razones que demuestran que es un material idóneo para nuestros fines: de él, y por medio de la dendrocronología, conocemos su historia, su edad; podemos incorporarle microchips y obtener información puntual de *su salud* (esto resulta impensable en otros materiales), está presente en todas partes; no posee cualidades de tipo absoluto; se puede renovar y controlar su producción; es más *longeva* muerta que viva; no contamina y además se desarrolla generando, a su vez, oxígeno; consume menos energía que cualquier otro material para su obtención y su industria es muy poco contaminante; puede ser trabajada *in situ* sin grandes despliegues de medios; es un material de altas prestaciones, etc.

Material noble por excelencia, de asombrosa variedad, deleite de los sentidos.

La madera es uno de los miles de productos que podemos obtener de los árboles y cada vez se descubren nuevas posibilidades gracias a la constante evolución de su tecnología: papel, gases combustibles, metanol, ácido piroleñoso, alquitranes, carbón de madera, etc.

Dada gran cantidad de especies maderables (173.000) y no maderables conocidas y utilizadas alcanzamos cifras, como ya dijimos, de unas 227.000 especies, y las futuras, por conocer, podemos hacernos una idea de lo que le espera a este material. Se comercializan alrededor de 400 especies de coníferas de las 2000 aprovechables comercialmente, el resto son frondosas.

Todas las especies maderables se encuentran organizadas dentro de las clases Angiospermas y Gimnospermas que se ubican en la subdivisión Espermatófitos o Fanerógamas.

Material muy aprovechable: cerca del 95%, el resto puede utilizarse como combustible. Se utiliza prácticamente todo: hasta el serrín y la corteza.

Es un error pensar que trabajar con soportes de madera, o utilizar la madera en nuestra sociedad acarreará la destrucción de los bosques, de la Naturaleza. Lo que acaba con ellos es su uso incontrolado e indiscriminado y su falta de control por los organismos competentes. Controlando lo que se tala (ejemplares en su madurez) y repoblando a conciencia, podremos disponer de este recurso para siempre, siempre que, valga la redundancia, seamos conscientes de lo frágil que es el sistema.

Pensemos que es un material que se desarrolla por sí mismo por medio de una energía no contaminante: la energía solar. Por su propia naturaleza, no solo no contamina, sino que libera oxígeno.

La estructura, tanto interna como externa de la madera, nos da la pista de su comportamiento posterior.

Es un producto que se presenta en la naturaleza protegido por un envase, la corteza, que lo protege de las agresiones externas, además de ser, como ya vimos, origen de infinidad de productos.

Según sea su porosidad varían sus propiedades, con lo que tenemos infinidad de posibilidades en cuanto a densidad, absorción, etc.

El leño presenta dos zonas, más o menos visibles y utilizables, o no, según las especies. Dichas zonas suelen presentar coloraciones diferentes en las distintas especies. El uso correcto de ambas evita problemas estructurales.

Cada célula tiene una misión específica y configuran la estructura interna de cada especie, que determinará las características resistentes de las maderas clasificándolas botánicamente en coníferas y frondosas.

La organización de todas estas células, a escala microscópica, genera infinidad de posibilidades técnicas, como ya hemos dicho, pero también posibilidades muy importantes en el ámbito estético, donde su propia coloración, la posibilidad de ser teñidas, las inclusiones de otros materiales, las gomas y resinas, etc. ofrecen un abanico infinito de posibilidades formales, cromáticas, estructurales, etc. Son microscópicas obras de arte que pueden descontextualizarse fácilmente y formar parte de composiciones más ambiciosas o pueden, asimismo, brillar por sí mismas.

Los radios son las únicas células que no varían de tamaño ante la humedad. Hacen que disminuya la deformación en sentido radial.

La propia estructura de la madera (y del corcho) nos da una idea de su comportamiento a la hora de absorber o no agua y demás disolventes. De esta manera podemos comprender mejor su comportamiento. La madera, vista al microscopio, en su sección transversal (depende de las especies) tiene un aspecto esponjoso. Esto es más evidente en el corcho. En la madera podemos apreciar su carácter tubular al evidenciarse en dicha vistas las secciones de estos elementos (vasos, fibras, traqueidas, etc.) Vista tangencialmente se evidencia aun mas lo intrincado de su estructura: se aprecian los radios leñosos como elementos transversales que se entrelazan con los elementos longitudinales para dar más cohesión a la estructura (aunque esto no sea siempre así).

Anatómicamente las especies presentan diferencias, pero no ocurre lo mismo con la composición química de su pared celular, ya que casi todas tienen la misma proporción de los elementos que formarán los distintos compuestos: celulosa, hemicelulosas, lignina y sustancias pépticas, además de las sustancias de impregnación.

La celulosa es una sustancia de sostén más resistente que el acero. Es higroscópica.

Las hemicelulosas son hidrófilas y mantienen unidas las células.

La lignina aporta la rigidez a la madera y su resistencia. Es la causante de que el árbol pueda alcanzar grandes alturas. Esto nos proporciona piezas de mayor tamaño. Es higroscópica.

Las responsables de limitar la deformación de la madera en sentido tangencial son las capas  $S_1$  y  $S_3$ , mientras que la capa  $S_2$ , también de la pared celular secundaria, es la responsable de la resistencia a tracción longitudinal porque sus microfibrillas siguen esa dirección.

Los materiales extractivos aportan otras propiedades específicas a la madera que pueden hacerla más durable.

La madera y los metales pertenecen al mismo grupo de materiales, en cuanto a su comportamiento estructural. Se trata de materiales tenaces o traccio-resistentes, es decir, que pueden absorber compresiones o tracciones y, por consiguiente, flexiones. Solucionan problemas de tipo lineal

(vigas, bastidores, etc) y superficial (chapas metálicas, chapas de madera-contrachapados, etc.)

No es necesaria la determinación de propiedades de las maderas por ensayo, hay mucha bibliografía al respecto. Esto es una gran ventaja ya que es un material sumamente estudiado y hay datos de todo lo referente a él.

Su uso en la construcción es el más importante dentro de los países desarrollados.

Su densidad absoluta es de 1,560 para todas las especies. La densidad relativa varía según las especies (0,10 – 1,40). En relación a otros materiales la madera posee baja densidad. Es un material fuerte para el peso que tiene. Esto determina materiales ligeros como plumas o muy pesados.

De manera general, por medio de la densidad podemos determinar la resistencia mecánica de una especie.

Casi todas las maderas flotan debido a esa baja densidad, esto aligera mucho el peso propio de la madera y la hace ideal como soporte pictórico, al no aumentar excesivamente el peso y con ello elevar su precio y el de su transporte.

Presentan igual dureza superficies de corte radial y tangencial, pero las de corte transversal poseen mayor dureza.

La madera se dilata con el calor, como todos los materiales, y a su vez se contrae por la pérdida de humedad, como se contrae mas que se dilata, esto hace parecer que realmente no existe dilatación por calor. Esto supone una gran ventaja sobre otros materiales utilizados como soporte: plásticos, metales, etc.

Buen aislante térmico por su porosidad y escasez de electrones libres, es decir, tiene una baja conductividad térmica. Esta característica hace que, en caso de incendio, el calor no llegue rápidamente al interior de las piezas y las queme. La carbonización exterior reduce más la conductividad y ralentiza más aún la combustión hacia el interior.

A pesar de todo lo que se dice de la madera respecto del fuego, la madera no sufre deformaciones estructurales como ocurre con materiales como los metales, plásticos, hormigón, etc.

Mal aislante acústico.

La madera es químicamente estable en su ambiente, teniendo una gran resistencia a la corrosión. Su duración al aire o en el agua es casi ilimitada si está debidamente protegida o sin agentes degradantes. Su durabilidad no depende de su estructura, depende de sus compuestos intrínsecos y del lugar donde se encuentre. Esto es así, aunque como es natural, la madera, como material orgánico que es, tenga tendencia natural a destruirse.

Importante para su conservación es también el hecho de que sucedan variaciones higrométricas bruscas.

Existen infinidad de productos protectores de distinta índole (hidrosolubles, hidrodispersables, en disolvente orgánico, etc.) que penetran más o menos en los materiales celulósicos y que son aplicados por muy diferentes métodos. Algunos de ellos producen efectos de estabilización dimensional de la madera, acción insecticida, bactericida, etc.

La madera se presta a ser curvada sin grandes problemas.

La madera es anisótropa y como tal, tiene un comportamiento diferente según la dirección observada. Esto se debe a que no es un material homogéneo (recordemos su estructura tubular). Esto trae implícito el poder ser utilizada en diferentes situaciones resistentes, pudiendo solucionar así problemas de muy diferente índole.

Las propiedades resistentes varían mucho con la humedad y con la dirección del esfuerzo aplicado. Esto es de vital importancia a la hora de elegir las piezas y su ubicación.

La madera presenta mayor resistencia cuando actúan sobre ella fuerzas paralelas a la dirección de sus fibras o axialmente.

La resistencia a la tracción es más alta si la madera no tiene defectos o si está seca (12%).

La resistencia a la tracción es máxima cuando la fuerza que actúa es perpendicular a la dirección de las fibras, y mínima cuando lo sea paralela a las mismas.

La madera tiene una alta resistencia al esfuerzo cortante vertical (perpendicular a las fibras). Cuando el plano de corte es paralelo, la pieza rompe por desgarramiento o hendibilidad.

Es importante que los adhesivos tengan el mismo o parecido módulo de elasticidad que las maderas que van a unir, para que puedan seguir los movimientos de las mismas y no producir roturas. Uno de estos adhesivos es la cola animal.

Resumiendo: los factores que influyen en las propiedades mecánicas de la madera son: la humedad, la duración de la carga, la calidad de la madera, la temperatura, etc.

Los diferentes elementos madereros, de los que luego van a derivar los distintos productos comerciales, poseen un número de código establecido por la FAO que sirve para identificarlos.

Los procesos que buscan el aprovechamiento del fuste son un tanto complejos porque, sobre todo en países técnicamente muy desarrollados, buscan el perfecto aprovechamiento de la materia prima. Esto se consigue gracias a importantes investigaciones que avalan las fuertes inversiones realizadas en este sector. Esto es así porque muchos de esos países tienen en la madera su principal medio de vida. Están tan racionalizados estos procesos, que no se desperdicia nada. Se utiliza el sistema GPS para localizar las zonas de actuación, programas informáticos avanzados que contienen simuladores de aserrado, selección de calidades, optimización del tronzado, etc. Esto equivale a obtener mayor rendimiento talando menos árboles.

Las líneas de corte más avanzadas utilizan tecnología puntera para hacer más rentable el aserrado, más fácil y evitar defectos en la madera y problemas con las herramientas de corte: se utilizan detectores de metales, descortezadoras de infinidad de tipos, grupos de sierras que dan cortes gemelos y de una sola pasada seccionan completamente la troza, hay scanners de infrarrojos que muestran el perfil de corte más apropiado e indican la cantidad de nudos, fendas, etc.

Los distintos despieces buscan, principalmente, amortiguar el trabajo de la madera y optimizar el aprovechamiento del material madera.

Al margen de los despieces más tradicionales se utilizan otros despieces más contemporáneos, como el aserrado en estrella, que generan tableros de gran estabilidad.



El trabajo de la madera representa la inestabilidad volumétrica de la misma debida a su higroscopicidad y heterogeneidad.

Cuando la madera ha absorbido una cantidad de agua del 28-30% se dice que ha llegado al punto de saturación de las fibras. En este momento las células se encuentran a la máxima distancia las unas de las otras. Al bajar el contenido de agua comienzan los procesos de contracción. Si la madera siguiera absorbiendo agua no seguiría aumentando el volumen porque ya no puede absorber más agua la pared celular. Esa agua llenaría el lumen de los vasos, traqueidas, etc.

Algo muy importante relacionado con estos procesos y es que existe una variación en las propiedades físico-mecánicas: las resistencias mecánicas aumentan al disminuir la humedad en el intervalo que va desde el punto de saturación de fibras hasta el estado anhidro.

La madera se estabiliza, manteniendo la misma temperatura y humedad que el aire que la rodea, variando según lo hace este.

La contracción produce efectos en la madera como son: cambios de tamaño y de forma.

La densidad y la dirección observada son factores que influyen en la contracción de la madera.

En el caso contrario, la hinchazón no es homogénea, también depende de la dirección observada.

El secado pretende estabilizar la madera y que en el futuro se amortigüen sus posibles movimientos. Sabemos que la madera pierde propiedades estando húmeda, puede ser atacada por xilófagos y la savia puede fermentar. Si la secamos se evitan estos inconvenientes, además de que pierde peso y su transporte se hace más fácil y barato.

Un correcto secado hace posible recuperar maderas arqueológicas que de otra manera se hubieran perdido.

La madera de primavera contiene mucha más agua que la de otoño por tener lúmenes mayores.

El agua puede permanecer en la madera en varias situaciones: como agua de constitución, de saturación o de imbibición.

Se establece el 15% como porcentaje medio de madera seca, para poder ser trabajada sin problemas.

El secado artificial se establece como el más idóneo, pues funciona independiente del clima exterior, no se inmoviliza la madera, se evitan infecciones, no requiere instalaciones gigantescas, con él se reducen los tiempos de secado, se puede controlar la temperatura, la ventilación y el estado higrométrico para cada grupo de especies con comportamientos ante la humedad parecidos, etc.

Inventario de soluciones para contrarrestar los efectos de la contracción, sobre todo refiriéndonos al encolado de tablas o listones, entre sí, de madera maciza: 1) Utilizar una madera con un nivel de humedad de acuerdo a su uso. 2) Elegir un corte con un mínimo de variaciones dimensionales (radial). 3) Reducir la longitud de las piezas (travesaños o montantes adicionales). 4) Orientar las piezas correctamente. 5) Reducir la anchura de las piezas. 6) Elegir los procedimientos de construcción apropiados. 7) Proteger los reversos por medio de aparejos, pintura o barniz para moderar los cambios de tamaño.

Las chapas chapa de sierra, junto con las de cuchilla son las mejores que podríamos usar para la fabricación de tableros con fines artísticos ya que la veta ocupa la posición original que ocupaba en el árbol (no se altera la textura interna), disminuyendo así las tensiones. La chapa de sierra sólo se utiliza para maderas difíciles. Su coste y los desperdicios que produce la hacen poco rentable. La de cuchilla se utiliza principalmente para rechapados y genera un material de primera calidad pero de anchura y longitud limitadas a las medidas de la pieza. Dentro de este tipo de corte, el cepillado al cuarto o radial se presenta como uno de los mejores, estructuralmente hablando (y pensando en nuestros soportes).

De todas formas, la chapa ideal para el desenrolle, debe cumplir una serie de requisitos: proceder de madera homogénea, de anillos concéntricos, fibra recta, médula centrada y sana y que tenga una grueso uniforme sin roturas que conserve su estructura idéntica después del corte. Deberá tener, además baja o media densidad y una humedad alta.

En la actualidad pueden desenrollarse 380 metros de chapa por minuto, es decir, que desenrolla una troza en ocho segundos.

La chapa tiene dos aplicaciones especialmente interesantes para nosotros: la de tipo estructural (construcción de soportes) y la de tipo

decorativo. Ambas funciones agrupan multitud de especies útiles para esos fines. Esas chapas, además, pueden formar parte de la capa pictórica por medio de agresiones al tablero soportes (sustracción) o por medio de incorporación física de la chapa por medio de encolado, ensamblado o cosido (adición).

Las propiedades tan importantes que posee el corcho provienen de la estructura de su célula que contiene una vacuola de aire en su interior y tiene un contacto perfecto con las células colindantes, por medio de resinas naturales. En las paredes existen canalillos que atraviesan todas las células y las ponen en contacto unas con otras. Esto facilita la recepción y expulsión del aire, efecto que da al corcho su característica elasticidad y, por consiguiente, su capacidad de recuperación. Esto es lo que hace que el corcho posea una gran estabilidad dimensional y nos sea útil para la fabricación de soportes ligeros y resistentes.

Se presenta en el mercado a través de infinidad de productos que podemos utilizar para nuestras obras como soporte, como integrante de la capa pictórica, como cargas, etc.

Al ser un producto natural, la madera no estará nunca libre de defectos, que se pueden producir en su estructura, forma, textura, color, etc. Dichos defectos pueden ser naturales o producidos por el hombre.

Los defectos internos pueden determinarse por métodos mecánicos, producto del uso de alta tecnología que incorpora microondas, radiación gamma, rayos x, imágenes tomográficas, de esta manera puede determinarse, también, la humedad, densidad, etc. Externamente, se utilizan sensores que controlan rugosidades, ondulaciones, análisis de sombras y mediciones con láser.

Los adhesivos que mejor se acoplan a las superficies son los de fase líquida.

El hecho de aplicar capas gruesas de adhesivo puede traer graves problemas ya que puede haber mayor cantidad de burbujas de aire o elementos extraños, se originan mayores tensiones debidas a un mayor grosor, es necesario menor esfuerzo para deformar esa película y es fácil que el adhesivo fluya o se cristalice.

Las maderas porosas y las testas absorben mayor cantidad de adhesivo. Beneficiosas las cargas para evitar estos problemas junto con el sellado de las testas.

Los cortes para realizar empalmes deben ser lo más limpios posible para no debilitar la unión.

Vigilar el estado higrométrico para que sea el adecuado a la hora de encolar: ni excesivamente húmedo (exceso de absorción de adhesivo) ni excesivamente secas (escasa humectación). La madera no encola bien si su humedad es superior al 20%.

Recomendables los adhesivos de montaje rápido porque su tiempo de fraguado alto acelera los tiempos de secado y los ensamblajes pueden manipularse sin tener que esperar tiempos prolongados.

Es posible unir entre sí todas las especies maderables pero con las resinosas o grasientas habrá que preparar las superficies o buscar adhesivos adecuados.

El duramen se encola peor que la albura, las maderas densas peor que las menos densas y las frondosas peor que las coníferas. En nuestro caso, lo habitual es que los bastidores estén contruidos con maderas muy comunes (pino, samba) y, además, la misma en todo el bastidor. En el caso del tablero soporte la especie puede variar más, pero lo más común es el ocumé, el chopo, el abedul, aunque pueden venir rechapados con otros tipos de chapas. Al tratarse de especies diferentes (en el bastidor y en el tablero) sus propiedades resistentes, encolado, variaciones higrométricas diferentes, etc. Esto conlleva un problema estructural que puede evidenciarse en el futuro. Una de las soluciones pasaría por fabricar todo el soporte con la misma especie de madera o con el mismo producto derivado de ella.

Los métodos de aplicación no deben resultar peligrosos ya sean aplicados en frío o en caliente. Deben ser de aplicabilidad razonable que no encarezca el producto. Debe producir una distribución uniforme de tensiones en superficies grandes. Debe permitir la aplicación en capas finas y continuas y la unión de materiales laminados de poco grosor, etc.

Aconsejable un tiempo de acondicionamiento de los materiales en el taller, antes de su encolado. Las condiciones de encolado deben situarse entorno a los 20° C y el 65% de HR.

Las cargas pueden mejorar en algunos casos las líneas de cola (por ejemplo, reduciendo la contracción de las resinas que pueden volverse excesivamente frágiles con el curado).

Adecuar el tipo de adhesivo y aplicación a los materiales y condiciones de uso.

No olvidar que el prensado es una parte esencial en el proceso de unión y que sería aconsejable su uso siempre que las circunstancias lo permitan, ya que permite extender la cola de forma continua y hace que esta se ponga en contacto con la madera.

Las encoladuras son peores (sobre todo con las colas naturales) cuando se emplean adhesivos muy diluidos o películas con grandes espesores o se aplican excesivas presiones y temperaturas.

Históricamente, las especies más utilizadas para construir **tableros, de madera maciza**, utilizados como soporte, han sido: *Pinus silvestris* L. (*Pinaceae*), Pino silvestre; *Abies alba* Miller (*Pinaceae*), Abeto; *Larix decidua* Miller (*Pinaceae*), Alerce; *Picea abies* L. (*Pinaceae*), Picea o falso abeto; *Fraxinus excelsior* L. (*Olaceae*), Fresno europeo. *Ulmus carpiniifolia* Gled. (*Ulmaceae*), Olmo europeo. *Fagus sylvatica* L. (*Fagaceae*), Haya europea. *Populus alba* L. (*Salicaceae*), Chopo europeo. *Tilia cordata* Mill. (*Tiliaceae*), Tilo europeo. *Prunus* sp. (*Rosaceae*), Cerezo. *Acer pseudoplatanus* L. (*Acereceae*), Arce. *Juglans regia* L. (*Juglandaceae*), Nogal europeo. *Alnus glutinosa* L. Gaertn (*Betulaceae*), Aliso. *Quercus robur* L.. (*Fagaceae*), Roble. *Castanea sativa* Mill. (*Fagaceae*), Castaño. *Swietenia* sp.. (*Meliaceae*), Caoba americana, Caoba de Cuba.

Otras especies útiles usadas para la fabricación de soportes: *Betula alba* L. (*Betulaceae*), Abedul; *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. (*Sterculiaceae*), Samba; *Ochroma lagopus* Sw. (*Bombacaceae*), Balsa; *Cedrus libani* (Pináceas o abietáceas), Cedro del Líbano; *Aucoumea Klaineana* Pierre. (*Burseraceae*), Okume.

La utilización de la madera como soporte se prolonga hasta el Barroco, al ser sustituida casi por completo por la tela. Esto no ocurre de golpe ya que ambos soportes conviven hasta nuestros días. La aparición de los nuevos tableros, más ligeros, baratos y estructuralmente seguros, hizo que se continuara utilizando como soporte.

El tablero moderno surge, forzado, como consecuencia de varios hechos: la excesiva demanda de madera por parte de industrias como la construcción y la aviación, la minería, etc., porque los tableros macizos eran muy caros y por su comportamiento durante el proceso de secado, que encareció el producto al necesitar grandes instalaciones, por la acumulación de residuos de madera, necesidades de aislamiento acústico y térmico, etc.

La mala fama de algunos de estos tableros provenía de la inadecuada manera de utilizarlo, sobre todo en situaciones para las que no había sido diseñados.

Este tipo de tablero realmente surge por un cambio de mentalidad, fruto de las necesidades del momento.

Se le continúa teniendo un miedo irracional a la madera, por desconocimiento de su comportamiento, sobre todo al fuego.

En casi todos los tipos de tableros, las características vienen definidas por los métodos de fabricación (prensado o no, temperatura o no, adhesivo o no, por la forma de obtener las fibras, las astillas etc. por los tipos de adhesivos...

Debemos adecuar el tablero al uso que se le va a dar y en relación a las condiciones a las que va a estar expuesto, a los aparejos o preparaciones que se van a aplicar sobre él, técnicas y procedimientos, etc.

Se hace ventajoso la utilización de **tableros alistonados** ya que eliminan parte de las deformaciones estructurales que se originan en las tablas macizas de gran anchura y se consiguen tableros de 1,22 x 6,00m (más de 7m<sup>2</sup>), esto es importante a la hora de hacer obras de gran formato. Son tableros de gran estabilidad y están casi exentos de movimientos y variaciones dimensionales.

**Los tableros de alma enlistonada** tienen la ventaja de que las chapas que forman sus caras contrarrestan el trabajo producido por el alma gruesa existente en su interior, aunque siempre existe un mínimo trabajo. Estas chapas aumentan considerablemente las resistencias, sobre todo a flexión.

Aún así, son mucho más estables que los tableros alistonados, y si las almas se realizan correctamente estamos ante uno de los mejores tableros existentes como soporte, a niveles estructurales, precio y peso, aparte.

La tipología es tan variada que podemos utilizar estos tableros a nivel estructural, teniendo gran seguridad en nuestros soportes, o tan solo a niveles estéticos como hacía Lucio Muñoz. Sea como fuere, se presentan como excelentes los que poseen almas realizadas con laminillas de poco grosor y anillos perpendiculares a las caras: los de laminillas.

Dentro de estos tableros, los **tableros estriados** mejoran la estabilidad pues alivian tensiones producidas en el seno del tablero.

Los **tableros hueco-alistonados** presentan buenas posibilidades de tipo estético. Aligeran peso aunque su estabilidad sea menor.

Los formatos de los tableros de alma enlistonada pueden llegar a 1,55 x 2,50m (casi 4m<sup>2</sup>).

Es evidente que todos estos tableros son muy pesados, pero también está claro que una obra no está en continuo movimiento, la mayoría de las veces se ubica en un espacio y no se mueve. El hecho de que las obras en bronce pesen mucho y sean muy caras no ha impedido que desde la antigüedad se hayan estado haciendo y que en la actualidad se sigan haciendo.

**Los tableros delgados de madera sólida** (tableros tricapa, tableros de encofrado 3 estratos) mejoran considerablemente las prestaciones de los tableros ensamblados tradicionales. Se amortigua el juego de la madera por la disposición transversal del alma del tablero. En los tricapa podemos conseguir formatos de hasta 1,25 x 5m en el tablero tricapa y de hasta 1 x 1,97m en el de encofrado.

El **tablero de madera contralaminada** es idóneo para la talla por el juego estético que produce el interesante veteado surgido al seccionarlo. Con la ayuda de elementos de apriete es fácil realizarlo en el taller. Su formato lo limita el sistema de fabricación que utilicemos y las herramientas de presión.

Los **tableros de tablas de sección trapezoidal** (Primwood y Wisa-Wood) presentan muy buenas cualidades (estabilidad principalmente, ausencia de defectos, etc.) para ser utilizados en las BB. AA., pero si se desea utilizar como soporte pictórico debe adaptarse el grosor de los mismos

Los **tableros contrachapados**, en sus infinitas variedades, se colocan en los puestos de cabeza en la carrera por conseguir estabilidad estructural.

La tecnología empleada en su fabricación y las investigaciones que se llevan a cabo le auguran un excelente porvenir. La importancia de este tablero deriva de su extraordinaria resistencia en relación con su peso, en su “casi” isotropía (en el plano no el ancho). Puede mejorarse su estabilidad con la disposición estrellada, pero eso supone un elevado coste y pérdida de material.

Para el mismo grosor, cuantas más hojas tenga un tablero mejor será, aunque también más caro. Según vamos aumentando el número de capas, las propiedades en las direcciones paralela y perpendicular a las fibras se van igualando y la resistencia del tablero aumenta. La hinchazón de un tablero contrachapado grueso es más pequeña que la de un tablero fino.

En los tableros destinados a las BB. AA. La mayor parte del esfuerzo está dirigido a la superficie y su resistencia mecánica depende de factores diferentes como las especies de madera, densidad, espesor de las chapas, resistencia a compresión perpendicular a la superficie, composición y espesor del recubrimiento, etc. El no proteger el tablero aumenta la tendencia al agrietamiento, sobre todo en exteriores.

Supone un fuerte ahorro en el volumen de madera utilizada y se reducen los residuos.

Es un material que puede adquirir pequeños radios de curvatura y eso le hace apto para el curvado. Esto es importante porque se puede adaptar a formatos con superficies no planas. Con moldes, vapor y prensas adecuadas puede hacerse con este material prácticamente lo que se quiera, para adaptarlo por ejemplo a muros, arcos, bóvedas, etc. En el campo de la escultura sus posibilidades son infinitas con el encolado de tableros entre sí y el curvado simplemente. Material estable para la realización de todo tipo de instalaciones.

Dimensiones máximas estándar: Tableros Maxi: 13,50 x 2,55m (34,4 m<sup>2</sup>) y Paneles extra grandes: 12,0 x 2,7m (32,4 m<sup>2</sup> y 250 Kg. de peso), aunque el 85% de los contrachapados tienen un formato de 2,44 x 1,22m.

Soportes y grandes formatos: Desde siempre se dijo que la tela como soporte artístico era el único que permitía formatos de tal tamaño que no



hacía necesario tener dividir la obra, ya que se suponía que la tela era de dimensiones ilimitadas. Evidentemente esto no es cierto, ya que la tela tiene la limitación de la anchura del telar que la fabrica, aunque estos generan telas de mucha anchura. Cosiendo unas telas con otras, evidentemente, podemos crear formatos casi ilimitados, pero esto también podemos hacerlo con los tableros contrachapados, por ejemplo, uniendo varios tableros tipo “Maxi” o “King Size”. El límite de estos tableros lo ponen, en principio los tornos (para la obtención de las chapas) y, posteriormente, las prensas.

Tanto en un caso como en otro, existen límites lógicos de transporte, ubicación, etc.

Soportes tan grandes no son fácilmente manejables.

Los sistemas de transporte no están preparados para llevar piezas de grandes dimensiones. Resultan caros y los existentes se dedican a la construcción, la industria, o especialmente para ocasiones puntuales. En el mundo de la madera están bastante acostumbrados a transportar piezas de grandes dimensiones.

Podemos obtener listones de longitud infinita (el tope lo dará la maquinaria empleada) por medio de empalmes o uniones longitudinales (finger-joint, espiga, bisel, etc.) o por medio de madera laminada o microlaminada o construyendo nuestros propios listones.

También podemos conseguirlos con grandes formatos por encargo en determinadas empresas del sector.

Habitualmente están conformados por chapas impares pero también los hay de chapas pares. Los tableros pueden llevar sus chapas orientadas, con determinados grosores de diferentes especies para conseguir mayores resistencias y prestaciones en algún sentido determinado.

Algunos de los recubrimientos que pueden traer de estos tableros los hacen interesantes por venir ya protegidos contra los cambios higroscópicos. Esto puede ahorrarnos tiempo al no tener que aplicar protecciones por el reverso o por alguno de los cantos. Los revestimientos mejoran la resistencia al desgaste, productos químicos, a los golpes, etc. Son especialmente útiles los recubiertos sólo por una cara, con los cantos sellados, ya que nos facilitan el trabajo en la cara “limpia”.

Modernos tipo de corte, que incluyen el láser, nos ofrecen cortes absolutamente precisos y sin rebabas, impensables con otras herramientas.

También pueden presentarse con los bordes mecanizados en forma de lambeta, machihembrado, etc.

Es importante conocer la separación adecuada entre apoyos (para un grosor de tablero determinado) con el fin de organizar adecuadamente los listones en nuestro bastidor y conocer su resistencia. El “efecto placa” que este tablero produce, es algo muy importante que siempre debemos tener en cuenta por otra razón y es que, dependiendo del artista y su forma de trabajo, a veces se trabaja en sentido horizontal y apoyando nuestro tablero en el suelo. Al producirse ese efecto podemos trabajar sin peligro de deformaciones.

Es tal la variedad de tableros y recubrimientos y tratamientos que pueden llevar que colman con creces nuestras necesidades.

El contrachapado MetsäPly birch, que está especialmente indicado para diseño, es idóneo, por su calidad, para las BB. AA., sobre todo como soporte pictórico y para realizar sobre él entelados y empapelados. Otras calidades son susceptibles de utilizarse como soportes para collage o donde no importe demasiado el aspecto de las caras (nudos, fendas, etc.) También pueden ser usados como materia pictórica por sí mismos.

Los tableros revestidos con películas de tipo abrasivo: películas fenólicas gofradas o con dibujo en malla de alambre pueden utilizarse como tableros ya aparejados para técnicas secas como el pastel. Si resultasen con excesivo grano o abrasividad, pueden lijarse con el material apropiado porque son películas de una gran dureza. Lo mismo ocurre con los cortes que hubiera que practicar en dichos tableros.

**El tablero laminado** está diseñado para trabajar a flexión, fue usado en xilografía, en la fabricación de material deportivo, ventanas Velux, lamas de somier, escuadras para estantes, etc. Lógicamente esta gran flexibilidad puede utilizarse para realizar toda suerte de piezas o soportes curvados, pero teniendo en cuenta, en el caso de los soportes, que aumentan las propiedades resistentes en una sola dirección.

**Los tableros aglomerados de partículas** suelen ser muy pesados pero también densos y resistentes, aunque suele ser conveniente encolarlo

a un bastidor. Son otro intento, en principio, de aprovechamiento de material en la consecución de grandes superficies, aunque en la actualidad se utilicen materiales de calidad y no cualquier tipo de desecho. Es también un “material de ingeniería” aunque nosotros no lo incluyamos en ese capítulo, por cuestiones exclusivas de índole pedagógica.

Ha sido un tablero con una evolución muy importante que ha mejorado muchísimo el producto.

Se prefieren especies de coníferas por que el lumen de las traqueidas son más grandes y sus células son más uniformes que las de las frondosas, esto es beneficioso para que el encolado sea más homogéneo.

Interesantes se muestran los tableros obtenidos por extrusión. Su resistencia a flexión es muy baja si no están recubiertos en sus caras pero la orientación de sus partículas les puede hacer interesantes estéticamente. Lo mismo ocurre con los tableros tubulares obtenidos por extrusión que, además, aligeran cerca del 50% del peso.

Un buen producto es también el tablero aglomerado de partículas mixtos ya que en el se conjugan las buenas cualidades de los tableros resistentes a la humedad y los ignífugos junto con un bajo contenido en formaldehído. Estos tableros son muy interesantes como soportes para realizar bocetos o como tableros para usar en museos o exposiciones para todo tipo de montajes, precisamente por su bajo contenido en formaldehído con el que se evitan peligrosas emanaciones que pudieran dañar las obras cercanas. El hecho de ser ignífugos y resistentes a la humedad es muy de tener en cuenta a la hora de preparar exposiciones o muestras. En situaciones donde se requieran, también los hay tratados contra agentes biológicos.

Igual que con los tableros contrachapados, podemos encontrarnos con infinidad de recubrimientos que mejoran sus prestaciones estructurales y, principalmente estéticas. Resultan interesantes como soportes para bocetos ya que, algunos de ellos traen recubrimientos aptos para pintar. Los gofrados son interesantes para técnicas secas, siempre que no tengan terminación excesivamente plástica o con superficies de cauchos sintéticos gofradas, como ocurre con los contrachapados.

Debe tenerse en cuenta que a estos tableros se les incorpora parafina, en pequeños porcentajes, para aumentar su resistencia a la humedad, y habrá que tenerlo en cuenta con las aplicaciones acuosas que hagamos sobre él.

Otros interesantes adhesivos utilizados en situaciones exigentes (tableros estructurales de alta prestación para uso en ambiente húmedo, por ejemplo) son los isocianatos PMDI. Estos adhesivos son muy importantes pero encarecen mucho el tablero. La ventaja que tienen es que aportan al tablero mayor resistencia a la humedad que los fenólicos, pero lo más importante es que fraguan sin aportar humedad a las partículas de madera.

Últimamente se están incorporando adhesivos basados en carbohidratos y almidones (materias primas renovables) para reducir las emisiones de formaldehído. También se utilizan en los tableros MDF.

La fabricación en seco de **los tableros de fibras** obtiene tableros más económicos pero con menos resistencia que con el método húmedo; también utiliza menos agua, pero necesita de aglutinantes externos del orden del 5% de resinas sintéticas. La fabricación húmeda sigue pautas similares a las de la fabricación del papel.

Aquí también se utilizan aditivos como la parafina (también en cantidades mínimas), de manera que habrá que tenerlo en cuenta. También se comercializan tableros tratados con aceites (táblex templado) no muy aptos para usos artísticos, a pesar de su mayor resistencia a la humedad.

En este tipo de tableros, fabricados por procesos secos o húmedos, existe tal variedad de materiales que podemos utilizar unos u otros según nuestros intereses.

Dentro del grupo de los tableros de fibras, los producidos por el proceso húmedo (táblex) son los tableros más aconsejables para utilizar como soporte pictórico, precisamente por no tener (habitualmente) ningún material ajeno a su propia constitución. Suelen ser isótropos ya que no presentan diferencias de propiedades según las distintas direcciones. Es un material inastillable. Dimensiones habituales de hasta 2,44 x 1,50m (3,66 m<sup>2</sup>) y de 2,75 x 1,22m (3,35 m<sup>2</sup>).

Algunos tableros no adecuados, por su menor resistencia, para los procedimientos (aglomerados, MDF, etc.) podemos utilizarlos para técnicas que no contemplen una capa uniforme de pintura. A niveles estéticos pueden usarse en collage, montajes permanentes o efímeros, instalaciones, etc.

**Los tableros de fibras perforados** son unos tableros que personalmente nos interesan mucho por la utilización del punto que hace: lo utiliza como elemento modular. También nos interesa la distribución homogénea del mismo sobre la superficie. Asimismo se presta para el engarce o ensamblaje de otros elementos de tipo celulósico, metálico, etc. aunque, a veces, se le trate, peyorativamente, como “panel de ferretería”, por ser ampliamente utilizado como panel expositor de todo tipo de herrajes. Son interesantes también porque aligeran el peso propio del tablero; esa misma disposición de las perforaciones, llevadas al tablero contrachapado lo hacen sumamente atractivo lógicamente con un acondicionamiento previo, a la vez que aligeran el peso propio del tablero. Todas estas y otras perforaciones se efectúan para realizar correcciones de tipo acústico, pero tienen un fuerte componente estético.

Los demás tableros de baja densidad no son apropiados como soporte por lo afieltrado de su constitución.

El tablero de proceso seco MDF tiene unas medidas base máximas de 5,50 x 2,50m (13,75 m<sup>2</sup>). Los adhesivos de poliuretano como el diisocianato de metileno (MDI) mejoran, también en estos tableros, el comportamiento frente a la humedad, el calor y, además, esta libre de formaldehído. Pero, de todas formas, debería limitarse su utilización como soporte para bocetos. Los MDF normales, con peor comportamiento a la humedad se hinchan demasiado con ésta y por eso no deberían utilizarse como soporte, sobre todo cuando intervienen aplicaciones de aparejos o de capas pictóricas húmedas.

**Los tableros de madera-cemento** no son demasiado populares porque absorben bien la humedad y se deforman con facilidad. Son tableros que presentan cierto atractivo estético que debería aprovecharse, pero no deben utilizarse como soporte por las razones antes expuestas.

**Los tableros de componentes estratificados** y, dentro de ellos, **los tableros armados**, son materiales, en su mayoría, apropiados para utilizar

como soporte (función estructural) o por el potencial estético que añaden muchos de ellos y que favorece que la estructura interna que poseen sea interesante evidenciarla. Son tableros que frecuentemente tienen dos caras, formadas por tableros, y un alma normalmente hueca o muy ligera, que contribuyen notablemente a rigidizar el conjunto, sin aumentar demasiado el peso propio del tablero. Comercialmente al ser diseñados, principalmente para puertas, mobiliario, etc., no superan las dimensiones de estos, por eso es difícil encontrar grandes formatos. Por el contrario, son muchos los modelos que podemos realizar fácilmente en el taller con gran economía de medios, ya que muchos se basan en redes modulares o trillajes que solo requieren de un encolado.

Además de la función estructural que proporcionan los paramentos, largueros, peinazos, listones perimetrales, almas, etc. tiene un potencial estético importantísimo, que personalmente nos interesa mucho: consideramos que el hecho de evidenciarse la estructura interna de estos elementos contribuye a un mejor conocimiento de los soportes que utilizamos y, en nuestro caso concreto, la mayoría de esas estructuras se basan en redes modulares que enlaza perfectamente con nuestra obra personal: Estructura interna y externa se funden en una misma cosa y, de esta manera, la función estructural de sus elementos pasa a realizar, además, funciones estéticas. Asimismo nos podemos plantear lo inverso: hacer que parte de lo que incorporemos como capa pictórica actúe como refuerzo de la estructura principal.

No debemos perder de vista productos ya comercializados que nos alivien un poco de trabajo y aprovechar sus posibilidades aunque sea como soportes para bocetos.

***Tratamientos aplicados a la madera:*** Muchos han sido los tratamientos aplicados para intentar controlar el trabajo de la madera y/o modificar alguna de sus propiedades, es decir, problemas derivados de su propia constitución: higroscopicidad y anisotropía. Estos tratamientos, más o menos afortunados, han ido contribuyendo a la aparición de productos y tecnología que aplicada a la madera y derivados y han mejorado sustancialmente su comportamiento frente a los agentes degradantes.

Desde las primeras investigaciones se han empleado fundamentalmente cuatro métodos, solos o combinados entre sí: calor, humedad, tratamientos químicos y presión. Tratamientos destinados a mejorar su mecánica de sorción (tratamientos con altas temperaturas: vapor y agua hirviendo), incorporación de productos químicos como sosa cáustica, soluciones de sal y azúcar. Impregnación con productos hidrófugos como la creosota, parafina, ceras naturales y sintéticas y otros productos de carácter hidrófobo. Evitar el contacto con la humedad por medio de impregnaciones como pintura o de recubrimientos metálicos. Intentar evitar la hinchazón por medio de materiales derivados de la madera como los contrachapados, laminados, OSB, etc. Evitar movimientos por medio de métodos de sujeción como la construcción de bastidores, refuerzos, etc. Compresión de la madera. Compresión de la madera y, además introducción en la misma de sustancias como resinas sintéticas, etc. Inclusión de materiales metálicos fundidos. Cocido y vaporizado. Secado artificial.

Estos son sólo algunas de las posibilidades empleadas aunque la combinación de algunas de ellas entre sí mejoraba varios aspectos a la vez como podían ser aumento de resistencias mecánicas y mejora del comportamiento frente a agentes degradantes.

Los tratamientos comenzaron aplicándose a la madera maciza y posteriormente a las laminadas (contrachapados, tableros laminados, etc.)

De todo lo anterior se desprende que fueron dos los factores más importantes para el éxito en la consecución de los nuevos tableros: uno, los tratamientos aplicados para hacer la madera resistente a la intemperie y dos, los nuevos adhesivos sintéticos.

Esos antiguos tratamientos producían en la madera una serie de efectos que podrían volver a recuperarse con la tecnología adecuada, para ser aplicadas con fines artísticos:

- El hacer la madera plástica supone ganar flexibilidad para el curvado de la misma o ganar densidad si se le aplica presión.
- La metalización trae consigo un interesante material mitad madera mitad metal, poseedor de una gran densidad y mayor dureza. Material ideal para fabricar soportes, bastidores, listones, etc. porque se eliminan los problemas higroscópicos. Los

inconvenientes son el peso y las herramientas de corte dada la enorme densidad adquirida.

- La impregnación sin alta compresión se producía sobre chapas y sobre madera maciza y generaba productos con buena estabilidad y una resistencia superior a los hongos, insectos, fuego, erosión, etc., en el caso de las maderas laminadas. En el caso de la madera maciza se produce en ella un principio de envejecimiento artificial de la madera, secado y desaviado que la mejora extraordinariamente: la hacen imputrescible, defendiéndola del ataque de xilófagos.
- La compresión de la madera reduce el volumen de poros y genera materiales con densidad doble a la de la madera natural que doblan su elasticidad y quintuplican su dureza. Estos procedimientos rozan la mítica densidad de 1,560 que indica la ausencia de poros y que la madera se ha convertido en un material homogéneo y casi isótropo.
- La impregnación con resinas termoendurecibles y posterior compresión reducía la absorción de agua en un 80-85% y aportaba buena resistencia mecánica. También podían impregnarse con resinas termoplásticas que permitían repetir la operación si fuera necesario.
- La madera encolada y comprimida consigue densidades dobles a las de las maderas originales con una notable mejora de las propiedades resistentes y un aumento de la resistencia a la humedad.
- La modificación química (suele incorporarse un aglutinante) trae consigo la creación de materiales denominados composites. Muchos de ellos son viejos conocidos como los contrachapados, los aglomerados, el papel, el linóleo, etc. Otra posibilidad derivada de ella fue la fabricación de madera extrusionada o creación de una madera artificial que se puede modelar. Esto tiene repercusiones artísticas porque nos ofrece la posibilidad de manipular la madera



desde un punto de vista diferente al tradicional corte y encolado. Este sistema permite reciclar todo tipo de materiales celulósicos.

- La mineralización de la madera también busca la reducción de movimientos higroscópicos.
- La madera estabilizada térmicamente es de los mejores materiales que podríamos utilizar en nuestros soportes y en el campo de la restauración ya que mejora la estabilidad dimensional (aunque puede perder flexibilidad), la resistencia a la pudrición, se evaporan las resinas, su densidad disminuye, puede aplicarse en el exterior sin protectores. Se oscurece su color. Realmente en este procedimiento no se utiliza ningún tipo de producto químico, siendo respetuoso con el medio ambiente. También puede aplicarse a chapas y partículas de madera.
- El material de densidad diferencial puede sernos muy útil si queremos resistencias diferentes (densidades diferentes) dentro del mismo tablero o pieza.

Con la mayoría de estos tratamientos se conseguían piezas y tableros de dimensiones limitadas debido al tamaño de las prensas, autoclaves, etc., utilizados en su construcción. Aun así, estos tratamientos serían interesantes para la fabricación de pequeños soportes o para la construcción de bastidores sin problemas estructurales o como soportes donde trasladar pinturas con su soporte dañado.

***Madera de ingeniería.*** Los tableros derivados de la madera son productos de ingeniería y alta tecnología industrial, olvidémonos pues de los tópicos que llevan arrastrando desde hace muchos años.

Cabe resaltar el desarrollo tecnológico tan importante, así como el enorme despliegue de medios necesarios para la realización de algunos de estos productos. Tableros como los aglomerados o los OSB, no son meras partículas unidas con un adhesivo. Son productos nacidos después de muchos años de costosa investigación. Cosa distinta es que a nosotros nos sean útiles o no, pero lo que no podemos ignorar es el concepto por el que todos esos productos vieron la luz: el aprovechamiento máximo de los limitados recursos naturales que poseemos consiguiendo, a la vez, grandes superficies antes inconcebibles.

- **La madera microlaminada** es un producto muy estable y a prestaciones equivalentes es más ligero que el acero y el hormigón. Su resistencia es mayor que la madera maciza en escuadrías similares. Es más estable a la humedad y, por tanto, más estable dimensionalmente. Es útil tanto a niveles estructurales como no estructurales. Formatos máximos de hasta 24 x 2,5 m (60 m<sup>2</sup>), de 26 x 1,8 m (46,8 m<sup>2</sup>) y de 25 x 2 m (50 m<sup>2</sup>). Espléndida alternativa a la madera maciza.
- **Las viguetas de doble "T"** son materiales de naturaleza mixta, alas y alma son de distinta naturaleza. Puede ser útil como soporte de extraño formato: máximas dimensiones 0,302 x 12 m (3,624 m<sup>2</sup>). Se nos presenta como un sistema de refuerzo por machihembrado en el sentido longitudinal, haciendo las veces de marco. También podría usarse como bastidor al que se le encolan los lados del marco que le faltan y se encola, encima de todo ello, un tablero contrachapado para dejar la superficie uniforme, ya que el alma suele venir pretaladrada. Parece absurda toda esta manipulación, pero generaríamos un soporte fuertemente resistente a los alabeos, aunque un poco pesado.
- **La madera laminada** puede conseguir longitudes de hasta 30 m, con la madera maciza pasar de los 8 m es más difícil. Aunque se trate de un material estructural, como el anterior, realizando cortes puede adaptarse a la talla, al montaje de obras, como soporte pesado y de poca anchura, para instalaciones, para fabricar tableros alistonados, etc., así pierde el carácter para el que fue diseñado pero amplía horizontes estéticos. Puede tenerse muy en cuenta su utilización como posible elemento estructural (bastidor) en soportes de enormes dimensiones en obras muy ambiciosas. Es un material que puede curvarse con radios pequeños, pueden reducirse la importancia de los defectos, sus movimientos frente a la humedad son casi nulos, aumentan sus resistencias mecánicas y su densidad, aun así. Por los tamaños conseguidos podemos huir de los formatos estandarizados llegado el momento. El otro

producto, reforzado con fibras, dota a la madera laminada de mayor resistencia.

- **La madera postensada** nos ofrece la ventaja de que sus láminas no están encoladas, cuestión que facilita su transporte porque puede ser desmontada.
- **Los perfiles laminados** al basarse en el mismo concepto que la madera laminada, pero con escuadrías bastante menores, pueden servirnos para la construcción de bastidores. Longitudes de 6 m con distintos grosores y anchuras.
- **El waferboard** y el **OSB (Oriented Strand Board)** aprovechan materiales no útiles para otros productos. El primero, sin ordenación de virutas determinada. El segundo muestra una dirección, en sus virutas, predominante. Las tiras son de 10 cm de longitud. Este tablero tiene menor estabilidad que el contrachapado porque absorbe más humedad en el canto, produciendo mayor hinchazón, pero es un buen competidor del contrachapado porque es más barato, utiliza trozas de diámetro menor y su resistencia es similar. Su deformación está bastante limitada porque es muy pequeña la probabilidad de que todas las virutas se deformen en la misma dirección. El tablero de fibras orientadas (OSB) grado O-2 es específicamente reconocido por la NBC (Código Nacional Canadiense de la Construcción) de 1990 como estructuralmente equivalente a la madera contrachapada cuando es utilizado para techos, paredes y pisos. En los OSB pueden modificarse la dirección de las virutas para satisfacer determinadas propiedades físicas o mecánicas. Su formato podría llegar a 3,66 x 7,32 m (26,79 m<sup>2</sup>) ya que se trata de paneles maestros, pero se comercializa habitualmente en tamaños similares al contrachapado. Puede modificarse el aspecto de sus caras por medio de recubrimientos líquidos o sólidos (las chapas ocultan su potencial estético pero aumentan resistencias).
- **El PSL (Parallel Strand Lumber)** tiene resistencias muy superiores a la de la madera natural en igualdad de escuadrías.

Formado por tiras de madera de 2,5 m. Apenas hay cambios dimensionales: sin deformaciones, fendas, contracciones. Estéticamente interesante incluso para la talla. Produce infinidad de líneas de cola. Dimensiones de hasta 24 m de longitud, siendo habituales 12 m y grosores de hasta 13,3 cm y anchuras de hasta 356 cm. Otro producto es el PSL 300, formado por tiras de 30 cm y de resistencia inferior al Parallam.

- **El LSL ( Laminated Strand Lumber)** producto de ingeniería a caballo del OSB y el PSL. Las virutas son de 30 cm y de sección triangular para que la unión deje menos escalón. Tiene longitudes de 7,5 m y anchos de 62 cm. Podría utilizarse como soporte de pequeño formato, para bocetos, etc,

**Otros materiales: El bambú** se presenta en países como Japón como un material muy interesante para la fabricación de tableros. Con **la paja** y los adhesivos de poliuretano se están fabricando tableros tan estables como lo puedan ser los aglomerados de partículas.

La **chapa de madera** y el **contrachapado** se combinan con el **fibrocemento** para generar nuevas posibilidades. El amianto, por su carácter cancerígeno, está siendo sustituido por **fibra de celulosa** y se está creando tableros de 2,44 x 1,22 m (2,97 m<sup>2</sup>) y tiras de 3,66 x 0,24 m (0,87 m<sup>2</sup>) propias para montajes, bocetos, etc.

La **chapa** o el **contrachapado** unidos con **planchas metálicas** (hierro, aluminio, etc.) pueden ofrecer interesantes posibilidades. El metal puede ser alma o cara/s del tablero. Los **tableros blindados** o **tableros metálicos** son muy utilizados en la actualidad en cajas de camiones. Interesantes son los **tableros de madera-aluminio** que pueden utilizarse con garantías como soporte siempre y cuando se tenga en cuenta el agua retenida en forma de condensación entre la madera y el metal y que la dilatación de un metal y una madera son totalmente diferentes. En este último caso se hacen interesantes los tableros perforados como el tablex, porque permiten la evaporación de esa condensación.

Los **forjados de madera en casetón**, **los postes huecos de LVL**, y las **vigas huecas de madera** (Wooden Hollow Beam) son materiales ideados para ser aplicados estructuralmente en la construcción y que, por su

tamaño, se escaparía de su utilización como soporte convencional, pero útil podría ser en montajes de todo tipo, para obras escultóricas o en murales de grandes dimensiones, ya que resiste esfuerzos enormes.

**Otros materiales derivados de la chapa de madera:** Las **chapas de madera reconstituida** pueden ser útiles como pequeños soportes para estudios o como material plástico para incorporar en nuestra capa pictórica. Formatos máximos de 3,44 x 0,62 m (2,13 m<sup>2</sup>).

La **micromadera** junto con el **microcorcho** son productos celulósicos flexibles de escaso grosor (40 g/m<sup>2</sup>, en el caso de la madera) aptos para utilizar como “forros” de otras superficies como aglomerados, tableros de fibras, cartones, etc. Interesantes porque su grosor es bastante inferior al de las chapas de madera. El microcorcho podría utilizarse como recubrimiento en el reverso de nuestras obras ya que actúa como barrera contra la humedad y el calor. El reverso quedaría protegido por tres finas capas: adhesivo, capa base de papel (90 g/m<sup>2</sup>) o tela fina y corcho. Por la flexibilidad de estos productos pueden utilizarse, asimismo, para cantear y, así, completar el sellado posterior. Quizá sean películas demasiado finas para usarlas como capa de intervención, pero podría resultar rentable su aplicación. Formato interesante: rollos de 10 m de longitud por 0,5 m de ancho (5 m<sup>2</sup>).

En la industria existe maquinaria que utiliza este sistema encolando chapas de madera a soportes de papel translúcidos.


Con papel kraft y chapas se realizan embalajes, el papel puede impregnarse en resina fenólica y así disminuye el depósito de polvo en las mercancías.

La chapa trenzada puede interesar estéticamente.

**Otros materiales obtenidos de residuos:** Los composites realizados con plásticos reciclados o los basados en resinas termoendurecibles y fibras vegetales nos ofrecen la ventaja de la extrusión para moldear infinidad de perfiles y tableros más económicos y, a la vez, estéticamente muy interesantes. Conseguirlos no es sencillo porque se utilizan casi exclusivamente para la construcción y no están muy extendidos. Algunos de ellos llevan tiempo usándose en Restauración (Bloques mecanizables Cibatool) con formatos máximos de 1,5 x 0,4 m (0,6 m<sup>2</sup>).

Las briquetas, la lana y las harinas de madera son productos más sencillos de encontrar y nada utilizados en BB. AA. Tan solo las harinas se han utilizado como cargas de adhesivos y plásticos (de manera inconsciente) o para hacer masillas reparadoras de defectos. Las briquetas utilizadas como combustible tienen gran potencial estético.

**Madera recompuesta.** Se aprovechan chapas y listoncillos de pequeñas escuadrías para conseguir listones de mayores tamaños, por medio del encolado entre ellos. Pueden producirse efectos interesantes por la gran cantidad de líneas de cola.

**Tableros curvos y tableros flexibles.** Se fabricó en forma de poste enrollando un tablero en torno a un cilindro. Se obtuvieron patas de mesas, sillas, hasta  ástiles. Se han fabricado postes telefónicos huecos.<sup>2134</sup>

Los paneles de madera corrugada, de aspecto idéntico a los de cartón, se hicieron hueco en los años 90 entre los artistas finlandeses, aunque en 1937 ya se construyera una pasarela con ellos.

Los paneles flexibles utilizados en mobiliario nos ofrecen una interesante base de trabajo que se adapta a superficies curvas como planas. Esto es una ventaja porque es un tablero ya realizado en fábrica, que nos ahorra el tiempo y las instalaciones para el curvado en el taller.

**Las vigas de celosía.** Por sus dimensiones podrían funcionar como listones para construir bastidores o refuerzos gigantes que albergaran los paneles tipo “King Size” o “Maxi” o, como ocurre con otros materiales estructurales de gran escuadría, utilizarlos como tal para escultura, instalaciones o, recortándolos bastante, hacer soportes de pequeño formato. Las que combinan madera y metal añaden son ideales, por su ligereza, para reforzar esos paneles gigantescos.

**Las celosías tradicionales.** La de malla vertical, alma del tablero Refort, nos resulta más útil estructuralmente hablando. Presenta sus listones encolados. Las de malla horizontal son las que han sido utilizadas más profusamente, sobre todo por culturas orientales y norteafricanas. Es más decorativa que estructural, pero aporta un elemento rítmico interesante. Se

---

<sup>2134</sup> “Los postes del telégrafo son viejos árboles burocráticos”, (Ramón Gómez de la Serna, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003, pág. 88).

rigidiza por medio de un bastidor. Sus listones pueden estar encolados o clavados.

Son paneles caros con formatos de 2 x 1 m (2 m<sup>2</sup>) entre otros.

***Materiales diseñados para otros usos distintos de los artísticos.***

Podemos utilizar elementos constructivos no diseñados expresamente para las BB. AA., pero que cumplen de sobra con los requisitos exigidos a nuestros materiales. También podemos utilizar elementos prefabricados de índole modular destinados a cerramientos, revestimientos, etc. (planchas, puertas isoplanas, etc.)

***Estereotomía.*** Muy a tener en cuenta es que a nuestros soportes (de formatos estandarizados) no le vamos a exigir los mismos esfuerzos que a una estructura diseñada para la construcción de una obra arquitectónica o de ingeniería. Otra cosa muy distinta es reforzar los grandes tableros contrachapados. Aquí si les tenemos que exigir que resistan bastante más.

Hay que resaltar que los puntos más débiles de nuestros soportes (en condiciones normales) son, precisamente, los ensamblajes ya que en ellos se produce la rotura de muchas fibras y se elimina parte del material que configura el listón.

Las uniones más habituales son: acoplamientos (por superposición de las caras o por yuxtaposición de los cantos), empalmes (uniones de testa) y ensamblajes (uniones en ángulo).

Uniones como la Finger-Jointing, en la cara o en el canto, han revolucionado la ingeniería y la construcción, porque han multiplicado varias veces las longitudes de piezas de madera que nos ofrece la naturaleza. También son muy interesantes la multitud de sistemas de machihembrado utilizados en la actualidad para empalmar paneles entre sí. La lambeta es también un sistema que da muy buenos resultados y no demasiado complicado de hacer.

La simple unión, si se utiliza sin ningún tipo de refuerzo, supone una unión bastante defectuosa si la acometemos en el taller sin las adecuadas herramientas de presión.

No debemos caer en sistemas de unión o de refuerzo excesivamente complicados y que lleven implícito un exceso de fibras rotas.

El empalme biselado es el adoptado en la fabricación de los tableros contrachapados de grandes dimensiones y genera resistencias a la rotura, como ya dijimos, del 90% respecto a piezas sin estas uniones.

De nueva generación son los acoplamientos de piezas de corte triangular radial, que generan piezas muy resistentes e interesantes.

Existen infinidad de ensamblajes pero vamos a agruparlos por la situación que ocupen en nuestro bastidor: ensamblajes perimetrales de ángulo, ensamblajes perimetrales centrales y ensamblajes centrales.

Para todos ellos existe maquinaria de última generación que posibilita la realización de infinidad de objetos: se introducen los listones por un extremo y por el otro puede aparecer, por ejemplo, una mecedora completamente terminada, una puerta, etc. Lógicamente, un bastidor resulta más sencillo.

Los refuerzos son otra pieza clave de nuestros soportes y han venido usándose desde antiguo. Derivan del conocimiento de las propiedades higroscópicas de la madera y su anisotropía.

Los más utilizados han sido los barrotes (fijos y móviles), superpuestos o encastrados, de sección cuadrada, rectangular, triangular, trapezoidal, etc. De caras paralelas o en forma de cuña, paralelos o perpendiculares a la dirección de la fibra, evidentes u ocultos.

Uno de los refuerzos más importantes y que más nos interesa es el bastidor. Nos interesa por ser el refuerzo más universal, por ser muy resistente (bien construido), por poderse fabricar muy ligero, por poder realizarse con materiales tradicionales como materiales más novedosos.

En cuanto a los bastidores madera maciza, necesitaremos para su realización:

- Listones de 1ª calidad, libres de nudos.
- Sin alabeos, ni torceduras, ni bolsas de resina, etc.
- De corte radial a ser posible o lo más perpendicular a los anillos de crecimiento.
- De anillo estrecho y apretado.
- De especies de débil contracción.
- De especies con facilidad para su mecanizado, encolado, etc.
- Ensamblajes bien realizados.



- Medir humedad antes de realizar ensamblajes para bastidores que vayan a soportar obras de gran calidad e importancia, que la madera se equilibre higroscópicamente antes de su ensamblaje.

Nuestra propuesta se basa en la construcción de bastidores sumamente ligeros y resistentes, entendiendo resistencia en el ámbito de los soportes destinados a las BB. AA., ya que a dichos refuerzos, bastidores, etc. no se les va a exigir esfuerzos para los que no están previstos (cargas más allá de lo que habitualmente aguanten).

Pensamos que se comercializan soportes (tablero y bastidor) excesivamente pesados y que podrían aguantar esfuerzos mayores que algunos de los que nosotros proponemos pero esto, además de resultar, como decimos, innecesario, no garantiza (la mayoría de las veces) una gran estabilidad dimensional y observamos alabeos y deformaciones que no justifican ese exceso.

*Todos* los materiales con los que hemos diseñado estos soportes pueden sustituirse convenientemente por otros con mejores propiedades resistentes y cambiar los distintos tipos de perfiles existentes en el mercado hasta ajustar / dar con lo que uno anda buscando.

Estas mejoras pueden ir referidas, por ejemplo, a la utilización de tableros contrachapados de mayor grosor, fenólicos, en sustitución de algunos de los que hemos usado (el de 3 mm, tres capas, cara de limoncillo, por ejemplo) ya que hemos observado que no utilizan chapas completas en cada estrato: se observan las uniones encoladas de las distintas chapas utilizadas. Este asunto debilita, por supuesto, el material aunque también abarate los costes.

Otra cuestión importante es que no existe en nuestro mercado (español) gran variedad de especies con las que se fabriquen listones, perfiles, etc. Si queremos piezas de maderas determinadas debemos acudir a empresas, almacenes de importación y comprar un tablón que llevaremos a un taller para que nos lo corten a voluntad. Esto, consecuentemente, encarece y dificulta la preparación de soportes.

Todos sus montantes y peinazos configuran un entramado que rigidiza e impide deformaciones del tablero soporte de la capa pictórica.

Es ventajoso el empleo de rigidizadores para estabilizar aún más las estructuras. Dada la tipología tan diversa existente, aplicar el más idóneo en cada caso. Es importante, a este respecto, tener en cuenta la superficie de contacto entre bastidor y rigidizador.

Para consolidar los paneles se han utilizado todo tipo de herrajes: Desde los primeros clavos y grapas de forja, escuadras, etc. hasta los más modernos conectores y placas de conexión que se utilizan en la construcción e ingeniería y que podríamos utilizar (algunos de ellos) en soportes de pequeño formato y (la mayoría de ellos) en soportes de gran formato que utilicen elementos de refuerzo de grandes escuadras.

A la hora de realizar nuestros soportes podemos combinar distintas mejoras o tratamientos de los propuestos en este trabajo y así conseguir mejores resultados, es decir, que al hablar, por ejemplo, de tablero contrachapado, no tenemos porqué pensar en un simple contrachapado de 5 mm, podemos usar el mejor producto o la más importante mejora aplicable a ese tablero: aumento de grosor, tratamientos profundos o superficiales, etc. en combinación con otros materiales, herrajes, etc. En fin, las posibilidades son infinitas con tal de que lo hagamos de manera razonada y no indiscriminadamente.

Podemos evidenciar la estructura del soporte (y el mismo soporte) si su potencial estético así lo permite.

Listones de tipo ligero realizados con almas de espumas sintéticas solucionan problemas de peso. Las espumas inyectadas rellenan huecos que puedan albergar insectos, polvo, etc. Si se utilizan en plancha, sirven para mantener los listones paralelos entre sí y favorecer los ensamblajes. Esta última ventaja tiene la “desventaja” de que tenemos que ajustarnos a los grosores de las planchas existentes en el mercado, salvo que las queramos más gruesas, en este caso podemos encolar dos o más planchas entre sí por sus caras.

Los rigidizadores de borde solucionan muchos problemas de tipo constructivo en los listones, pudiendo generar elementos huecos bastante fácilmente.

El hecho de taladrar los diferentes tipos de listones entraña riesgos pues debilita sus resistencias. Podemos seguir el criterio de que cada orificio

practicado equivaldría, en la madera maciza, a un nudo muerto. Salvo que vayamos a someter a nuestro bastidor a un esfuerzo fuera de lo común o muy alejado de para lo que está diseñado: soportar una capa pictórica y nada más, no tenemos porqué preocuparnos ya que resistirá perfectamente. Podemos asegurarnos, si nos preocupa, aumentando la sección de los tableros utilizados o, simplemente, cambiando de elemento o sistema.

Otro producto que nos puede solucionar problemas de resistencia pero con gran ligereza son los listones con perfil en doble “T”. De eficacia suficientemente demostrada en la construcción e ingeniería podemos utilizarlos teniendo cuidado con las zonas débiles que se producen en la unión de las alas y el alma. Como refuerzo extra pueden incorporársele rigidizadores.

Este perfil presenta ventajas en cuanto a la colocación de montantes y peinazos ya que el “carril o corredera” que se forma en su perímetro interior facilita, por deslizamiento, la colocación de esos refuerzos. Ajustando bien los ensamblajes podrían ir, incluso, sin encolar. Si la escuadría es demasiado pequeña genera problemas de alabeo, por ello debemos ajustar cada escuadría a un formato determinado y a un grosor de tablero determinado.

Este sistema es bastante sólido ya que los distintos listones se entrelazan entre sí para formar un resistente entramado. Es de fabricación rápida. Este tipo de listón es muy importante para el desarrollo sostenible ya que permite reaprovechar listones y listoncillos que de otra manera no tendrían otra salida que su trituración o combustión. En algunos casos puede elevarse el coste de producción si el modelo es muy sofisticado, pero en la mayoría de los casos se justifica ese aumento de precio.

Otra posibilidad es eliminar una de las alas de manera que formemos con el bastidor una “T” invertida. En este tipo la parte del alma que no lleva encolada una ala, se encola directamente al tablero. Se pierde resistencia pero puede ser apto para pequeños formatos, siempre que la escuadría de esa “T” invertida lo permita.

Puede rotarse 90° de manera que las dos alas toquen al tablero. Este perfil no está diseñado para ocupar esta posición, pero si utilizamos un perfil

con las alas más anchas, se produce una sección más ancha y un refuerzo importante del tablero. La corredera interna puede rellenarse si se desea con espumas.

Los listones con perfil en “U” aligeran mucho el peso, son fáciles de hacer (a partir de madera maciza por encolado o ranurado o a partir de contrachapados por encolado), los venden ya hechos de una pieza pero con escuadrías muy limitadas. Puede incorporársele rigidizadores

Los listones formados por listones laminados son muy útiles a la hora de hacer los ensamblajes ya que podemos originar una corredera central en la que apoyar los peinazos y montantes. El montaje se hace muy rápido. En grandes formatos pueden resultar excesivamente flexibles, sobre todo si los tableros con los que se fabrican son excesivamente delgados. Es un sistema de ensamblaje muy sencillo de realizar en el taller, sobre todo si construimos bastidores de pequeño formato sin crucetas, ni peinazos intermedios.

Dentro de este grupo de listones podemos variar el número de tableros a encolar entre sí dependiendo del tipo de ensamblaje de esquina o central que vayamos a hacer. Al aumentar el número de listones aumentamos también el área de contacto entre ellos originando un mejor encolado.

La combinación de este sistema con el encolado de dos caras perpendiculares al laminado nos produce algo parecido a un listón que hubiera sido realizado con un tablero de alma enlistonada. Esta disposición rigidiza bastante el listón y permite ensamblajes muy rápidos y sencillos.

En caso de necesidad y no teniendo a mano más que bastidores iguales, de pequeño formato y con disposición de canto, podemos conseguir, mediante el ensamblaje en cruceta a media madera de uno de los bastidores, un bastidor de mayores proporciones perfectamente estable.

También es factible la utilización de conectores metálicos para unir en paralelo dos tiras de contrachapado por sus caras.

Traslapando las tiras de contrachapado podemos aprovechar mejor pequeñas piezas que de otro modo no tendrían salida alguna. Al no coincidir las uniones en el mismo punto, se producen listones mucho más resistentes.

Encolar tiras de contrachapado entre sí conlleva la ventaja de poder realizar piezas también de tipo curvo y así generar soportes de distintas formas tales como circulares, elípticos, ovales, mixtos, etc.

Todo lo dicho anteriormente para estos listones nos sirve para la fabricación de otros de idéntica tipología pero realizados con listoncillos de madera maciza. Estos listones son el equivalente en pequeña escuadría de las denominadas “vigas sandwich”. Estos sistemas generan infinidad de posibilidades para realizar ensamblajes sencillos.

Realizar estrías en los listones trae consigo atenuar el juego de la madera y, en menor medida, aligerar el peso propio.

El tablero a la veta y la madera microlaminada también son aptos para la construcción de bastidores siempre que tengamos en cuenta su gran flexibilidad en la dirección longitudinal. Se amortigua este problema situando los listones canto.

Los perfiles, siempre que tengan la escuadría adecuada, nos facilitan la obtención de listones resistentes e interesantes estéticamente hablando.

La combinación de todo lo visto anteriormente con taladros pasantes y/o ciegos, sin llegar a debilitar en exceso la estructura, nos proporcionan una ligereza estructural mayor, a la par que ofrecen un aspecto bastante diferente de lo que estamos acostumbrados a ver en las BB. AA. pero esto es bastante habitual en estructuras y andamiajes utilizados, sobre todo, en la construcción, aeronáutica, etc. Es importante conocer el peso total que tendrá el listón o el bastidor después de hacer los taladros, para ello sólo tenemos que calcular la superficie que ocupan los taladros y restarla del total.

Los taladros ciegos son interesantes en los listones perimetrales pues evitan superficies exteriormente perforadas que dificultarían el clavado de telas, por ejemplo.

Todos los sistemas de taladrado son aptos tanto para la madera maciza, como para el contrachapado, tablero a la veta, perfiles, etc. Puede taladrarse todo el grosor o puede taladrarse parte de este por medio de taladros ciegos, alternos o no, pueden taladrarse las dos caras o el alma o ambas cosas, en el caso de listones compuestos, etc. Puede taladrarse la cara o el canto o ambos. En fin, las combinaciones son prácticamente infinitas.

Los listones huecos y los hueco-taladrados aligeran mucho el peso propio del bastidor sin necesidad de perder resistencia (siempre que estén

bien realizados). El problema es su complejidad de ejecución sin la maquinaria apropiada.

Los listones tipo caja tienen su reflejo en las tradicionales vigas tipo caja o cajón, pero la utilización de elementos constructivos huecos y sumamente resistentes es muy antigua: el bambú, por ejemplo, se ha utilizado desde siempre. Ese sistema es omnipresente en nuestra vida diaria, me refiero a los sistemas tubulares de andamiaje que vemos en todas las obras de nuestra ciudad.-j'

Todos los tipos de estructuras huecas empleadas en la construcción son aplicables en nuestros soportes siempre y cuando mantengamos la escuadría apropiada.

El bastidor hueco es factible hacerlo en el taller sin complicaciones. Podemos utilizar varias posibilidades para realizar el ensamblado de los listones: realizar los listones por un lado sin cerrar una de las caras o realizar el bastidor por capas, es decir, hacer primero una cara completa del bastidor, encolarle luego el alma y por último encolar la otra cara. A veces puede parecer un puzzle pero el bastidor, entrelazado de esa manera, adquiere una gran rigidez.

Presentamos varias soluciones, paso a paso, para este tipo de construcción, ya sea fija o desmontable.

Dependiendo lógicamente de los formatos, las piezas pueden adecuarse perfectamente a las distintas escuadrías. La forma de las piezas, sus conexiones macho-hembra, su disposición, etc es la misma, lo que hay que tener muy en cuenta es que disponemos de un formato concreto de tablero estándar y debemos ajustarnos a él, por eso las piezas que hacen las veces de listón sí deben ajustarse a longitudes exactas para no generar una mala repartición de los elementos de refuerzos y que estos presenten asimetría. Con todo esto quiero decir que conociendo las dimensiones del tablero debemos proceder a repartir uniformemente las piezas que va a realizar los ensamblajes: piezas en cruz para ensamblajes medios, piezas en "T" para ensamblajes medios y piezas para ensamblajes en esquina. Por último fabricamos las piezas-listón ajustándolas a las distancias que quedan entre las piezas de ensamblaje. El reparto de esos elementos debe ser de tal

manera que eviten el hundimiento o posibles deformaciones del tablero después de las distintas manipulaciones.

Las piezas que realizan los ensamblajes pueden ser siempre del mismo tamaño, de esta manera pueden actuar como comodín para los distintos formatos, así sólo tendríamos que modificar la longitud de los listones a voluntad. Hemos visto que pueden ser huecas o macizas, más sencillas o más complejas.

Este tipo de bastidores huecos aligeran enormemente el peso final del soporte sin perder resistencias que pudieran poner en peligro la estabilidad final del mismo.

Los de tipo desmontable añaden, además la ventaja de poder ser portátiles, ocupando poco espacio y pudiendo configurar multitud de bastidores de tipo no convencional combinando las distintas posiciones que pueden ocupar las piezas.

Podemos inyectarles espumas y/o realizar taladros que aligeren más el peso, pero debemos tener cuidado de no debilitar demasiado la estructura. La espuma actúa como una masilla que lo tapona todo y ayuda a fijar mejor los listoncillos. Al ser la densidad de la espuma inferior a la de la madera conseguimos mayor rigidez en la estructura sin aumentar excesivamente el peso.

La resistencia de todos estos bastidores, listones, piezas de ensamblaje puede comprobarse mediante la realización de las pruebas oportunas, que pueden solicitarse a AITIM por ser una de las entidades competente. Pruebas que suelen llevarse a cabo en los laboratorios de la Cátedra de Tecnología de la Madera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. También pueden realizarse las pruebas en el Instituto Eduardo Torroja. Es importante hacer este tipo de pruebas (que son caras) sobre todo cuando queramos trasladar, por ejemplo, pinturas de cierta importancia a otros soportes, de esa manera sabremos *exactamente* lo que podemos esperar de él y no tener sorpresas. Hablamos de obras de cierta envergadura, para los trabajos habituales (si no se cometen barbaridades ni temeridades) no tenemos porqué preocuparnos.

Los listones con perfil en “doble T” con dos alas producen un ranurado en sus cantos que facilita la colocación de lambetas si deseáramos

unir dos o más listones entre sí. También facilita la colocación de perfiles y marcos. Son listones muy estables ya que minimizan los problemas de alabeo bastante bien.

Los listones derivados de pies derechos compuestos son un tanto complicados de realizar a pequeña escala por lo que no los aconsejamos, sobre todo si tuviéramos que utilizar pernos.

Reservamos un pequeño espacio para comentar pequeñas modificaciones que podemos realizar en nuestros tableros con el fin de reducir en lo posible los movimientos de la madera, por medio de acanaladuras, fisuras que actúa de juntas de dilatación, fabricándolos con retales de madera laminada, utilizando los tableros con gofrado textil, porque el recubrimiento fenólico protege muy bien, como ya dijimos.

Interesante también es el poder aprovechar dos o más tableros para generar un formato mayor por medio de listones con perfil en “doble T”.

Ventajosa la utilización de tableros perforados como reverso de soportes rígidos o flexibles porque permite una aireación perfecta, permitiendo la salida de disolventes, aligera peso y, en el caso de tableros de por lo menos 7 mm de grosor, actúa como capa de contrabalance. De su aportación estética ya hemos hablado. También podríamos fabricar tableros perforados más gruesos por medio del encolado de varios tableros perforados más delgados. Podemos alternar, por cuestiones resistentes y/o estéticas, tableros perforados con tableros no perforados.

Los bastidores de canto pueden incorporar taladros en su diseño con el mismo fin que el resto de bastidores. Lo mismo ocurre con los listones realizados con tablero alistonado, que además son idóneos para realizar bastidores de paca anchura y grosor.

Diseñar soportes que se fabriquen con los mismos materiales genera una ventaja fundamental y es que a iguales materiales iguales dilataciones-contracciones, es decir, fabricar un soporte como los mostrados en este trabajo, realizado por completo con contrachapado, facilita su conservación ya que el tablero gozará de una homogeneidad total y su comportamiento será uniforme. No ocurre lo mismo con soportes realizados con materiales de distinta naturaleza. En el caso de la espumas inyectadas el problema es mínimo ya que su dilatación es muy pequeña.



Otra manera sencilla y rápida de realizar un refuerzo es utilizar barrotes cilíndricos, ya comercializados, e introducirlos en listones de canto taladrados de manera que puedan correr libremente por los listones cilíndricos hasta situarse en la posición predeterminada. Realizando cajas y mortajas pasantes se pueden sustituir los listones cilíndrico por listoncillos de sección cuadrada o rectangular, pero realizar estas mortajas es bastante más difícil que taladrar.

Los marcos rebajados dan mucho juego porque refuerzan muy bien. Es uno de los refuerzos más antiguos e interesantes. Podemos ajustarlos a los nuevos tableros y listones actuales y ahorrarnos mucho trabajo

Hemos dejado para el final algo importantísimo que nos aporta la madera y que a la mayoría de los practicantes de arte les pasa desapercibido: el enorme **potencial estético** residente en la propia estructura interna de la madera. La mayoría de las veces nos limitamos a disfrutar, en el mejor de los casos, de la apariencia externa de bellas especies tropicales o de especies menos usuales en nuestro entorno, o admiramos las hermosas aguas producidas por la misma, de su aroma al lijarla, de su textura, etc. Pero no estamos familiarizados con aquello que hace posible todo esto, con aquello que hace posible toda esa belleza exterior y que reside en el interior de la madera. No es posible comprender los mecanismos que operan en la madera, sus propiedades físicas, mecánicas, sin comprender las estructuras microscópicas que hacen posible todo ello.

Nos hemos limitado a aumentos de 10x y 30x para estudiar el patrón identificativo de las distintas especies y de 40x, 100x y 400x para realizar las microfotografías de esos patrones y obtener detalles más precisos y preciosos: punteaduras, engrosamientos helicoidales, radios, vasos, campos de cruce perforaciones de placa, etc.

Cromáticamente, a niveles de estructura, de organización, etc. estamos ante bellas composiciones que nada tienen que envidiar a abstracciones contemporáneas, a diseños de moda, a redes modulares, a importantes proyectos arquitectónicos, etc., es más, lo interno siempre acaba fluyendo al exterior y determina la morfología de los objetos. Ejemplos los tenemos en la

arquitectura e ingeniería, disciplinas en las que la propia estructura juega un activo papel en el diseño estético de la obra. Este punto nos interesa mucho evidenciarlo ya que es parte activa de nuestra propia obra personal.

ANEXOS.



## **Anexo 1.**

Importantes Normas que deben consultarse para tener una información precisa sobre las especies más utilizadas. No reproducimos aquí los textos por la amplitud de dichas normas.

UNE 56501:1994. *Nomenclatura de las principales maderas de coníferas españolas.*

UNE 56502:1972. *Nomenclatura de las principales maderas de frondosas españolas o aclimatadas en España.*

UNE 56504:1973. *Nomenclatura de las principales maderas comerciales extranjeras de coníferas.*

## **Anexo 2.**

### **Ferias referidas al mundo de la madera.**

Además de las ferias monográficas referidas a la madera, podemos obtener información de casi todas las ferias nacionales e internacionales de la Construcción.

#### **Ambienta.**

Exposición Internacional del Mueble, Madera e Industria de Subcontratación.  
Zagreb.

#### **Batimat.**

Feria Internacional de la Construcción.  
Feria bienal. Paris (Francia).  
[www.batimat.com](http://www.batimat.com)

#### **Bauen-Wohnen.**

Feria Internacional para la Construcción.  
Viena (Austria)

#### **Bautec.**

Berlín.

#### **Bou RAI.**

Feria de la Construcción.  
Amsterdam (Holanda).

#### **Budma.**

Feria de la Construcción Internacional.  
Posen (Polonia).

#### **Building & Construction Indonesia.**

Feria Internacional de la Construcción.  
Yakarta (Indonesia).

#### **Conexpo/Con AGG**

Feria de la Construcción y Maquinaria.  
Las Vegas (USA).

#### **Construct Canada.**

Feria de la Edificación y la Construcción.  
Toronto (Canadá).

#### **Construction & Building Vietnam.**

Hanoi (Vietnam).

#### **Construmat.**

Barcelona (España).

**Construma.**

Feria Internacional de la Industria de la Construcción.  
Budapest (Hungría).

**Construtec.**

Madrid (España).

**Construtec. Hannover.**

Feria Internacional de los sistemas técnicos de la edificación.  
Hannover (Alemania).

**C & Us.**

Feria Internacional de la Construcción y Servicios urbanos.  
Hong Kong. China.

**Decotec.**

**Drema.**

Feria Internacional de Maquinaria de la Madera.  
Polagra.

**Elmia Timber.**

[www.elmia.se](http://www.elmia.se)

Suecia. Cada dos años.

**Euro-holz.**

Feria Internacional del proceso de la madera.  
Stuttgart (Alemania).

**Expobois.**

Feria Internacional para los fabricantes de maquinaria para el proceso de la madera y la Industria de la Madera.

Se celebra en París desde hace más de 31 años.

[www.expobois.com](http://www.expobois.com)

**Feria Canadiense de la Construcción.**

Toronto (Canadá).

**Feria Internacional de Maquinaria.**

Batalha (Portugal).

[www.exposalao.pt](http://www.exposalao.pt)

e-mail: [info@exposalao.pt](mailto:info@exposalao.pt)

**Feria Internacional para el Trabajo de la Madera.**

Bruselas (Bélgica).

**Feria Virtual de la Construcción.**

[www.feriasprofesionales.com](http://www.feriasprofesionales.com)

**Fima.**

Bento Gonçalves (Brasil).

**Fimma.**

Valencia (España).

Maquinaria para la madera.

**Finnbuild.**

Feria Internacional de la Construcción.

Helsinki (Finlandia).

**Forestry Woodworking Indonesia.**

Exposición Internacional de Maquinaria Forestal y de la Madera.

Yakarta (Indonesia).

**Furnitech & Woodtsch.**

Exposición Internacional del Mueble e Industrias de la Madera.

Bangkok.

**Furniture & woodworking.**

Peking (China).

**Holmesse.**

Feria Internacional de la Industria Forestal y Madera.

Klagenfurt.

**Holz.**

Cada tres años. Basilea.

[www.messebasel.ch](http://www.messebasel.ch)

e-mail: [messe@messebasel.ch](mailto:messe@messebasel.ch)

**Holztechnik (Moscú).**

Exposición Internacional de Industrias de la Madera.

Moscú (Rusia).

**Holztechnik (Sarajevo).**

Exposición Internacional de Maquinaria para la Madera.

Sarajevo.

**Holz & Kunststoff.**

Industrias del Plástico y la Madera.

Essen.

**Hout.**

Feria Internacional de Maquinaria para la Madera.

Rotterdam (Holanda).

**H.W.F.**

Feria Internacional del Mueble y Maquinaria para la Madera.

Atlanta (USA).

**Iemh, Beijing.**

Feria Internacional de los materiales de Construcción.

Beijing (China).



**Interbimall.**

Bienal Internacional de Maquinaria de la Madera.  
Paris (Francia).

**Interbuild.**

Feria Internacional para la Edificación y la Construcción.  
Cairo (Egipto).

**Interbuild África.**

Feria Internacional de la Edificación y la Construcción.  
Johannesburgo (Sudáfrica).

**Interforst.**

Salón Internacional de la Técnica Forestal y de las Industrias de la Madera.  
Munich (Alemania).

[www.messe-muenchen.de](http://www.messe-muenchen.de)

e-mail: [info@messe-muenchen.de](mailto:info@messe-muenchen.de)

**Itecma.**

Buenos Aires (Argentina)

**Japan Home Show.**

Feria Japonesa para los materiales de construcción y herrajes de interior.  
Tokio (Japón).

**Lesma.**

Exposición Internacional de la madera.  
Ljubljana.

**Ligna.**

Hannover (Alemania).

**Lignum.**

Suiza.

[www.lignum.ch](http://www.lignum.ch)

**Maderalia.**

Valencia (España).  
Productos de la madera.

**Madertec.**

Feria Internacional de Bilbao. 1ª edición en 2000.

**Malbex.**

Feria Internacional de la Edificación.  
Kuala Lumpur (Malasia).

**Mobiliaria.**

Salón del mueble, maquinaria y afines.  
Sevilla. Cada dos años.

**Mos.**

Feria Internacional de la Construcción y Edificación  
Moscú.

**Nordbygg.**

Feria internacional de la Industria de la Construcción.  
Estocolmo (Suecia).

**Polyclose.**

Feria Europea de las Técnicas de construcción de ventanas y puertas.  
Gent (Bélgica).

**Salón Internacional del mueble y la Madera.**

Taipeh.

**Sasmil.**

Salón Internacional del Mueble y la Madera.  
Milán (Italia).  
[www.sasmil.it](http://www.sasmil.it)

**Scotbuild.**

Feria de la Construcción.  
Glasgow (Escocia).

**Sibe.**

Feria Internacional del Sureste Asiático.  
Singapur.

**Simac.**

Feria de la Construcción y Edificación.  
Lisboa (Portugal).

**Teknoles**

San Petersburgo (Rusia).

**Timber.**

Exposición Internacional de Maquinaria para la Madera.  
Tel Aviv.

**Tra & Teknik.**

Feria Internacional de Maquinaria de la Madera.  
Goteburgo.

**W.M.S.**

Toronto (Canadá).

**Woode.**

Feria Internacional de la Industria Forestal y de la Madera.  
Kuala Lumpur.

**Woodmex.**

Exposición Internacional de la Madera.  
Birmingham.

**Woodwork.**

Salón Internacional de la Industria Forestal y de la Madera.  
Kuala Lumpur.

**wood-tec.**

Brono (R. Checa).

**Xylexpo.**

Forum sobre tableros. Muy importante. Xylexpo se ocupa de la tecnología de la madera.

Milán.

[www.xylexpo.com](http://www.xylexpo.com)

### Anexo 3.

## TABLEROS IGNÍFUGOS.

### Definición.

En la industria de la madera se han empleado distintos productos químicos para tratar de hacerla incombustible o por lo menos retardar su carbonización. Lo más habitual era la impregnación de la madera con productos tales como el fosfato amónico dibásico, que también se empleaba para hacer incombustibles otros materiales como el papel y los textiles.<sup>2135</sup>

### Clases de reacción al fuego.

Las clases de reacción al fuego para los materiales combustibles son, hasta el año 2000:

- **M1** No inflamable.
- **M2** Difícilmente inflamable.
- **M3** Medianamente inflamable.
- **M4** Fácilmente inflamable.

A partir de 1 de enero de 2001 entró el nuevo sistema de las euroclases sobre reacción al fuego en Europa, pero convivirá con el anterior hasta 2004, y a partir de aquí solo se utilizará el nuevo sistema. Se le denomina “Sistema de ensayo armonizado” SBI (Single Burning Item).

Estas euroclasificaciones de reacción al fuego se irán escalonando de la A a la F en función del nivel del comportamiento observado en los productos.<sup>2136</sup>

---

<sup>2135</sup> Gessner G. Hawley, op. cit., pág. 72.

<sup>2136</sup> Para más información ver información técnica de UPM-Kymmene, Schauman Ibérica, S.A., Madrid, 2000.

## Productos.

Productos fabricados por Malvaux, S.A. y comercializados por Schauman.

### **1. Contrachapado ignífugo con tratamientos insecticida y fungicida.**



Tablero Malvo-Flam de Malvaux, S.A.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

<b>Malvo-Flam: Contrachapado ignífugo M1/F1</b>		
<b>Caras</b>		Okumé
<b>Dimensiones (mm)</b>		2500 x 1220 y 3100 x 1530
<b>Espesores (mm)</b>		5, 9, 12, 18, 21, 25, 30, 40
<b>Encolado</b>	<b>Interior</b>	Clase 1 (según norma EN 314)
	<b>Exterior</b>	Clase 3 (según norma EN 314)
<b>Clasificación al fuego M1</b>		Norma NFP 92.501 Reacción al fuego PV de CSTB N° 95.39866 <sup>a</sup>
<b>Clasificación de humo F1</b>		Norma NFX 70.100 Opacidad, toxicidad PV de SNPE N° 97.805
<b>Tratamiento</b>		insecticida y fungicida

### **2. Contrachapado antideslizante ignífugo con tratamientos insecticida y fungicida.**



Tablero Glissnot de Malvaux, S.A.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

<b>Glissnot F: Contrachapado antideslizante ignífugo M1</b>		
<b>Dimensiones</b> (mm)		2500 x 1220 y 3100 x 1530
<b>Espesores</b> (mm)		9, 12, 18, 22, 24, 27, 30, 35
<b>Encolado</b>	<b>Exterior</b>	Clase 3 (según norma NF EN 314)
<b>Clasificación al fuego M1</b>		PV de SNPE N° 97.871
<b>Clasificación de humo F1</b>		Norma NFX 70.100 Opacidad, toxicidad PV de SNPE N° 97.805
<b>Revestimiento</b>	<b>Cara</b>	Película fenólica antideslizante (117 g/m <sup>2</sup> )
	<b>Contracara</b>	Película fenólica lisa
<b>Tratamiento</b>		insecticida y fungicida

### 3. Tableros decorativos con chapas finas ignífugos M1.



Tablero Malvo-Board M-1 de Malvaux, S.A.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

<b>Malvo-Board M1: Contrachapado ignífugo</b>		
<b>Revestimiento</b>	<b>Cara</b>	Rechapado con chapas finas
	<b>Contracara</b>	Rechapado con chapas finas
<b>Dimensiones</b> (mm)		2500 x 1220 y 3100 x 1530
<b>Clasificación al fuego M1</b>		PV N° RA 98.611 B de CSTB



Tablero Malvo-Plac M1 de Malvaux, S.A.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

<b>Malvo-Plac M1: Aglomerado ignífugo</b>				
<b>Revestimiento</b>	<b>Cara</b>	Rechapado con chapas finas		
	<b>Contracara</b>	Rechapado con chapas finas		
<b>Dimensiones (mm)</b>		2500 x 1220	3000 x 1220	3020 x 1830
<b>Espesores estándar (mm)</b>		17, 19, 23		
<b>Clasificación al fuego M1</b>		PV N° RA 98.611 de CSTB		



Tablero Malvo-Fib M1 de Malvaux, S.A.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

<b>Malvo-FIB M1: MDF ignífugo</b>		
<b>Revestimiento</b>	<b>Cara</b>	Rechapado con chapas finas
	<b>Contracara</b>	Rechapado con chapas finas
<b>Dimensiones (mm)</b>		2700 x 1500
<b>Espesores estándar (mm)</b>		19
<b>Clasificación al fuego M1</b>		PV N° RA 8308.98 de SNPE



Tablero Malvo-Flam de Malvaux, S.A.  
Cortesía de Schauman Wood Oy.

<b>Malvo-Sonic M1:</b> Tablero acústico perforado de contrachapado o aglomerado o MDF		
<b>Revestimiento</b>	<b>Cara</b>	Rechapado con chapas finas y orificios redondos u oblongos
<b>Clasificación al fuego M1</b>		PV N° 95.39634 de CSTB

<b>Malvo-Decor:</b> Contrachapado rechapado ignífugo M1		
<b>Usos</b>		Revestimientos interiores
<b>Caras</b>	<b>Terminación</b>	Una cara barnizada
	<b>Especies</b>	Abedul, abeto, alerce, arce americano, caoba, castaño, cerezo americano, cerezo francés, framiré, fresno, haya natural, haya vaporizada, koto, movingui, niangon, nogal francés, nogal americano, peral, pino, roble, sapelli, sicomoro, teca, etc.
<b>Cantos</b>		Machihembrados
<b>Dimensiones</b> (mm)		2500 x 600
<b>Espesores</b> (mm)		7
<b>Encolado</b>		Interior
<b>Clasificación al fuego</b>		PV N° RA 99.095 B CSTB

Productos fabricados por Schauman Wood Oy.

El Wisa-Board es un tablero rechapado con maderas nobles: haya, arce, cerezo, abedul, etc.



## **DIRECTORIO.**

- **Tableros.**

- **Tableros de madera maciza.**

- Schauman Panels And Timber Kimmene Corporation**

- Box 240-SF, 00121 Helsinki  
(FINLANDIA)

- **Tableros (en general) derivados de la madera.**

- Utisa, Tableros del Mediterráneo, S.L.**

- Es la unión de Industrias de Tableros y derivados de la Madera, S.A., (Intamasa),  
Turolense de tableros y Utiel, S.A.  
e-mail: [Intamasa@finsa.es](mailto:Intamasa@finsa.es)

- Composite Panel Association.**

- Asociación canadiense de tableros compuestos.

- [www.pbmdf.com](http://www.pbmdf.com)

- En esa web, es importante mirar en CWC y luego en Members by product category,  
y luego en resins & adhesives, por ejemplo. Trae directorio de empresas fabricantes  
de tableros, adhesivos, etc. Muy importante.

- Comercial F. Acuña**

- Ande, 26 Rubianes  
36600 - Villagarcía de Arosa  
FAX: 986-51-24-61  
(Pontevedra)

- **Tablero contrachapados.**

- **Federación Europea de la Industria de Tableros  
Contrachapados. (FEIC)**

- FÉDÉRATION EUROPÉENNE DE L'INDUSTRIE DU CONTRAPLAQUÉ.**

- Telef.: 32-2-556-25-84

- Fax: 32-2-556-25-95

- [www.europlywood.org](http://www.europlywood.org)

- e-mail: [euro.wood.fed@skynet.be](mailto:euro.wood.fed@skynet.be)

- **Tableros**

- Gabarró Hermanos, S.A.**

- Ctra. Torre Romeu, S/n

- 08202 Sabadell

- Telf.: (93) 748-48-38 / 726-19-11

- Fax: (93) 726-07-61

- Productos representados en exclusiva:

- Tableros contrachapados especiales finlandeses Schauman.

- Tableros alistonados en madera maciza Patchwood.

[www.gabarro.com](http://www.gabarro.com)

[carlos@gabarro.com](mailto:carlos@gabarro.com)

[gustavo@gabarro.com](mailto:gustavo@gabarro.com)

[alsala@gabarro.com](mailto:alsala@gabarro.com)

**Schauman Wisa®.**

Delegación Schauman Ibérica, S.A.

Mi agradecimiento a SCHAUMAN IBÉRICA, S.A., especialmente a *D<sup>a</sup> Esther*, y a SCHAUMAN WOOD OY, del grupo UPM-Kymmene, de Finlandia, por el envío de información sobre sus productos y muestras de los mismos.

Apdo. 358

28230 Las Rozas (Madrid).

Telf.: (91) 637-71-82

Fax: (91) 637-25-63

[www.schaumanwood.com](http://www.schaumanwood.com)

e-mail: [schaumaniberica@upm-kymmene.com](mailto:schaumaniberica@upm-kymmene.com)

[www.upm-kymmene.com](http://www.upm-kymmene.com)

**José de Ezpeleta.**

Distribuidor de los tableros Schauman Wisa en Madrid.

Tlf.: (91) 642-21-00

**Grupo Garnica.**

(Contrachapado de chopo.)

Baños de Río Tobía (La Rioja)

[www.mgarnica.es](http://www.mgarnica.es)

e-mail: [m.garnica@mgarnica.es](mailto:m.garnica@mgarnica.es)

**Apa. The Engineered Wood Association España.**

Rafael Calvo, 42, 3º D

28010-MADRID

**American Plywood Association Apa**

Tableros estructurales de madera norteamericana para la construcción: contrachapados.

C/ Juan Álvarez Mendizábal, 3-3º

28008-MADRID

**Arborum. S.A.**

Corredera de Campsa, 1

15706-Santiago de Compostela

(A CORUÑA)

Vía de la Cierva, 17-19

15890 Santiago de Compostela

(A CORUÑA)

**Intensa.**

Ctra. Barbudo, s/n

36828 Puente Caldelas.

PONTEVEDRA

**Maderas De Llodio, S.A.L.**

Alzarrate, 1  
01400-Llodio (ÁLAVA)

**Maderas Garnica, S. L.**

Camino de Bercelo, s/n  
26320-Baños de Río Tobia  
(LOGROÑO)

**Salena Iberica, S. A. – Isorov**

Pol. Ind. COSNTANTI,  
C/b, PARCELAS 21-22  
43120-Constanti (TARRAGONA).

**Schauman Iberica, S. A**

Avda. Comunidad de Madrid 35 bis.  
Ofs. 35-37  
28230-Las Rozas (MADRID)

**Tablegar, S. L.**

Ctra. a Navarrete 20  
26360 Fuenmayor. (LOGROÑO)

**Joubert**

Les Eliots, AUGE  
16170 ROVILLAC  
(FRANCE)

**Song-Alena**

C/ Pintor Juan Gris, 4, 2º  
28020-MADRID

**Ely**

Apdo. 117  
46980 Paterna  
(VALENCIA)

**Fernando Vargas Ruiz, S.A.**

Llano de Cuart, Km 2,200  
46960. Aldaya  
(VALENCIA)

**Joanglo, S. L.**

Canteros Lobet, 22  
46017-VALENCIA

**Madhis Fic, S.A.**

Pascual y Genis, 20, 5º  
46002-VALENCIA

**Olamia, S.A.**

29140-Andoain

(GUIPÚZCOA)

**Atco Lumber Ltd.**

Box 369  
FRUITVALE, B. C.  
V0G 1L0 CANADA

**Evans Forest Products**

A Division of Louisiana-Pacific Canada  
Engineerd Wood Products Ltd.  
GOLDEN ENGINEERED WOOD  
Box 170  
GOLDEN, B. C.  
V0A 1H0 CANADA

**Federated Co-Operatives Limited**  
**Canoe Plywood Division**

Box 70  
CANOE, B.C.  
V0E 1K0  
CANADA  
e-mail: [bvb@fclcanoe.com](mailto:bvb@fclcanoe.com)

**Riverside Forest Products Ltd**

Bag Service 5000  
ARMSTRONG, B.C.  
V0E 1B0  
CANADA

**Riverside Forest Products Ltd**

820 Guy St.  
KELOWNA, B. C.  
V1Y 7R5  
CANADA

**Riverside Forest Products Ltd**

R.R. #2  
4280 Highway 6  
LUMBY, B.C.  
V0E 2G0  
CANADA  
e-mail: [rajones@riverside.bc.ca](mailto:rajones@riverside.bc.ca)

- **Tableros aglomerados de partículas.**

○ **Tableros aglomerados de partículas. Fabricación.**

**Aglomerados Ecar, S.A.**

Fábrica de tableros de partículas de madera.  
C/ San Lázaro, s/n

Avda. Eladio Lorenzo, 37-43  
27748-Mondoñedo (LUGO)  
Telf.: 52-18-25/26/50.  
Fax: 52-17-24.

**INAMA, S.A.**  
Barrio de San Román, s/n  
48392-Múgica (VIZCAYA)

**Móstoles Industrial, S.A.**  
C/ Granada, s/n  
28935-Móstoles (MADRID)

**Tableros de Fibras, S. A. TAFISA**  
C/ Ronda de Poniente, 6-B  
Parque Empresarial Euronova  
28760 Tres Cantos. MADRID

**Unión de Empresas Madereras, S.A. UNEMSA.**  
Avda. de la Cristina, 1-1º izda  
Carballo (A CORUÑA)

**Sauerland.**  
Líder mundial en la fabricación de puertas con este material: *Tubecore™* y *Profilcore™*.  
Telef.: (49) 2931-876-120  
Fax: (49) 2931-876-151

○ **Tableros aglomerados de partículas con melamina.**

**INTERBON, S.A.**  
Mi agradecimiento a *D. Pedro Irure Gorostegui*, Director Industrial y a *D. José Marqués*, Delegado de INTERBON, S.A., Legánes (Madrid), por su amabilidad al facilitarme tan amplia y bien presentada información de sus hojas técnicas y por el envío de muestras de sus productos.  
Barrio de Castañares, s/n  
09199-BURGOS

**MOSTOLES INDUSTRIAL, S.A.**  
C/ Granada, s/n  
28935-Móstoles (MADRID)

**UTIEL, S.A.**  
C/ Passeig de Sant Joan, 15  
08010-BARCELONA

○ **Tableros de Partículas Tratados.**

**ECAR, S.A.**  
C/ San Lázaro, s/n  
27748-Mondoñedo (LUGO)

**FINSA**

Ctra. de Santiago a La Coruña Km 57

15890-Santiago de Compostela.

**A CORUÑA**

**INTER-BON, S.A.**

Bº Castañares, s/n

**09199-BURGOS**

- **Tableros de fibras.**

○ **Sunds Defibrator.**

**Sunds Defibrator Ab**

SE-851 94 Sundsvall

**SWEDEN**

Tel +46 60 16 50 00

Fax +46 60 16 55 00

**Sunds Defibrator Loviisa Oy**

FI-07910 Valko

Tel +358 204 80 174

Fax +358 204 80 175

**FINLAND**

**Panelhandling Oy Sunds Defibrator**

P O Box 15

FI-15561 Nastola

**FINLAND**

Tel +358 204 80 172

Fax+358 204 80 173

**Sunds Defibrator As**

Brynsengveien 1

NO-0667 Oslo

**NORUEGA**

Tel +47 23 17 41 70

Fax+47 23 17 41 99

**Sunds Defibrator S A**

Alberto Alcocer, 28 Bajo

ES-28036 Madrid

**ESPAÑA**

Tel +34 91 457 2341, 457 2370

Fax +34 91 458 6679

○ **Otras empresas del sector.**

**Intamasa**

C/ Sicilia, 93-97,4º

08013-BARCELONA.

**Intasa. Industrias Del Tablero. S. A.**

C/ A Fraga

Apdo. de Correos 460. El Ferrol

15560.S. Sadurniño. A CORUÑA

**Madiberia**

C/ Estrada Nacional 234. Km 92,7

3520 Nelas. PORTUGAL

**MDF-FINSA**

Ctra. de Santiago a La Coruña

Km 57

15890-Santiago de Compostela (A CORUÑA)

**Valmet Panelborad**

Mi agradecimiento a *Mr. Maj Dahlström*, Secretario de Ventas y Marketing de *VALMET FIBERTECH AB*, miembro de Metso Corporation, Sundsvall (Suecia), por facilitarme el contacto con Valmet en España.

SE-851 94 Sundsvall

Tlf.: +46 60 16 50 00

Fax: +46 60 16 55 00

(SUECIA)

**Valmet Panelborad**

c/ Alberto Alcocer, 28

Tlf.: +34 (91) 457-23-41

Fax: +34 (91) 458-66-79

28036- MADRID

**Financiera Maderera, S. A (FINSA).**

Santiago de Compostela.

Telf.: (981) 58-00-55.

Fax: (981) 58-47-789.

**Metso Panelboard.**

(Fusión de Rauma y Valmet)

[www.metsopanelboard.com](http://www.metsopanelboard.com)

**Junckers Ibérica, S.A.**

Filial en España de Junckers en Dinamarca.

Tableros MDF.

**Villamete.**

(Empresa americana que comercializa el MDF *Medite*.

Se trata de un tablero de fibras de coníferas y adhesivo de Poliuretano.)

**Medite Europa.**

P.O. Box 7707

6067 ZG LINNE, Holanda.

Fax: 31-0-475-46-4580

**Maderas MCM.**

Paneles absorbentes acústicos en MDF estándar e ignífugo.

[www.mcmmaderas.com](http://www.mcmmaderas.com)

e-mail: [mcm@mcmmaderas.com](mailto:mcm@mcmmaderas.com)

**- Tableros alistonados.**

**Umafinsa, S. A.**

15319-Motellos-Betanzos.

(LA CORUÑA)

**Balcovensa**

C/ Guillen de Castro, 123

46008 - VALENCIA

**Bengolea, S.A.**

Ipeñarrieta, 44

20700- Urretxu (GUIPÚZCOA)

**Maderas De Lequeitio, S.A.**

Ctra. S<sup>a</sup> Catalina, s/n. Apto. 8

48280 - Lequeitio (VIZCAYA)

**Lana, S. Coop.**

Mi agradecimiento a *D. Eneko Gorostidi*, Director de Producto de LANA, S. COOP., Oñati, Guipúzcoa (España), por el envío de información sobre sus tableros tricapa.

Barrio Zubillaga, S/n – 20560.

Oñate (Guipúzcoa).

Telf.: (943) 78-01-11

Fax: (943) 78-32-22

e-mail: [www.lana-scoop.es](http://www.lana-scoop.es)

**Maderera Gerundense, S.A.**

Barri Sant Marçal S/n.

17430 Santa Coloma de Farners (Gerona).

Telf.: (972) 84-13-54

Fax: (972) 84-25-22

**Sierolam, S.A.**

Los Cuetos. Argüelles.

33188 Siero (Asturias).

Telf.: (98) 574-20-03

Fax: (98) 574-23-50

**- Paneles de sub-capa absorbentes de ruidos.**

**Unifloor Underlay Systems.**

Munsterstraat 24,

NL 7418EV Deventer

Telef.: 00-31-570-853-533



Fax: 00-31-570-853-544  
e-mail: [export@unifloor.nl](mailto:export@unifloor.nl)

- **Tableros formados por tablas de sección trapezoidal.**

**Schauman Panels & Timber Kymmene Corporation** (1989).

Box 240 – SF,  
00121 Helsinki (Finland).

**Raute Oyj.**

Rautatie 2, P. O. Box 69  
FIN-15551 Nastola, Finland  
Telef.: 358-3829-11  
Fax: 358-3-829-11  
[www.raute.com](http://www.raute.com)

**RWS-Engineering Oy.**

Villähde (Finland)  
Telef.: 358-3-829-61  
Fax: 358-3-762-2378  
[www.raute.com](http://www.raute.com)

- **Tablero de Aptero.**

**Aptero Ltd.**

Kauppalantie 12,  
02700 Kauniainen, Finlandia  
Telf/Fax: 358 (9) 5050598  
[www.aptero.fi](http://www.aptero.fi)

- **Tableros curvados.**

**Curvasan, S.L.**

Benicarlo (Barcelona)  
[www.buildnet.es/curvasan](http://www.buildnet.es/curvasan)  
e-mail: [curvasan@furnet.es](mailto:curvasan@furnet.es)

- **Tableros sandwich.**

**Beopan España.**

Panel sandwich Beopan.  
Fax: 948-151-291  
[www.beopan.com](http://www.beopan.com)

**Seven S. Structures Inc.**

P.O. Box 1119  
Innisfail, Alberta  
CANADÁ T0N 1 A 0

**Thermopan Industries**

P.O. Box 479  
Fonthill, Ontario  
CANADÁ L0S 1E0

- **Tableros de madera estabilizada mezclada con cemento. (PLS).**

**F. Lli Bagnoli.**

Via Monte Santa Viola 16,  
I 37034 Marzana (Verona) Italia.  
Telef.: 00-39-045-87-00-583  
Fax: 00-39-045-87-00-120  
e-mail: [info@bagnoli.it](mailto:info@bagnoli.it)

- **Trituración de tableros.**

**F.M. Cofern, S. L.**

Pol. Ind. Asua Berri.  
Ctra. Cantera 1. Nave 46  
48950 Erandio (VIZCAYA)

- **Tratamientos aplicados a la madera.**

- **Madera estabilizada térmicamente.**

**Carelian**

Distribuidor de thermo timber.  
Avda. Diagonal 440, 1º. 1ª E  
08037-BARCELONA  
e-mail: [Perttj.Nieninen@cc.tut.fi](mailto:Perttj.Nieninen@cc.tut.fi)

- **Corcho.**

**Corchería Castellana.**

C/ Colegiata, 4.  
28012 Madrid.  
Telf. (91) 227-91-78 y 227-47-19.

**Hispacorck, S.A.**

Paseo de los Jesuitas, 22  
28011 Madrid.  
Telf. (91) 464-90-81 y 444-05-45  
Fax. (91) 463-34-97

**Corchos De Mérida**

Mi agradecimiento a *D. J. Alejandro Ucar*, Jefe de Producto, de CORCHOS DE MÉRIDA, S.L., por el envío de muestras de sus productos, asimismo como por la información remitida.  
Polígono Industrial “El Prado”

Apartado 503  
06800 Mérida (BADAJOZ)

**Arcobel. Corchos de Mérida.**

[www.arcobel.net](http://www.arcobel.net)  
[www.aecorck.com](http://www.aecorck.com)  
[www.6terms.com/roda](http://www.6terms.com/roda)

- **Madera de ingeniería.**

- **Tableros OSB y Waferboard.**

**MacMillan Bloedel, Ltd.**

Canadá.

**Hals Comercial, S.A.**

(Comercializa los tableros MacMillan Bloedel, Ltd. En España.)

C/ Alfonso XI, nº 7, Madrid.

Telf.: 231-75-47 y 222-55-16

- **Madera microlaminada. Kerto.**

**FinnForest Ibérica, S.A.**

Mi agradecimiento a *Mr. Risto Alho*, Director Gerente de FINNFOREST IBÉRICA, S.L., por la bibliografía técnica enviada e importante información sobre los tableros contrachapados y su tecnología.

C/ de la Mina 1 – 1º

08190 San Cugat del Vallés (Barcelona).

Telf.: (93) 675-63-13.

Fax: (93) 675-63-14.

**FinnForest Oy, Kerto-Yksikkö**

PL 24, 08101 Lohja

Telef.: (912) 36-011

Fax: (912) 36-01-222

- **Madera laminada.**

**C.M.B.P.**

C/ 14 rue de Rouen.21 Limay-Porcheville

78440 Gargenville. FRANCIA

**Carames Seoane, S. L.**

Ctra. Madrid-Coruña Km 593

15168-Soñeiro-Dada (A CORUÑA)

**HOLTZA, S.A.**

Pol. Industrial Gojain P.B. 16

01170 Villarreal de Alava (ALAVA)

**FARGEOT, S.A.**

Aurora 79, 2º, 1ª  
08700 Igualada. BARCELONA

**Laminados Del Noroeste. LAMINOR**

Mi agradecimiento a D. *Joaquín Veloso Costa*, de *LAMINADOS DE MADERA DEL NOROESTE, S.A. (LAMINOR, S.A.)*, por facilitarme información sobre sus productos y procesos de fabricación.

Polígono a Uceira.

32500 Carballino (ORENSE)

**Paul Gauthier, S.A.**

Mi agradecimiento a PAUL GAUTHIER, S.A., por el envío de información sobre sus productos y por la documentación sobre sistemas de uniones y anclajes para madera *AGINCO*.

C/ Monte Lakarchela 5, bajo

31006 Pamplona, NAVARRA

**TRC, S. L.**

Polígono Industrial La Mora 7

47193 La Cisterniga

(VALLADOLID)

**YOFRA, S.A.**

Mi agradecimiento por la información facilitada.

Ctra. a Elechas s/n

39792 Gajano.

(SANTANDER).

**Late-Rakenteet Oy**

P. O. Box 152

FIN-20101 TURKU

(FINLANDIA)

**Cantabria de laminados de madera, S.A. (Clamsa).**

Fábrica de madera laminada de pino y otras especies.

Para carpintería, bricolaje, muebles, etc.

C/ Fernández Notoria, S/n.

Apdo. 36.

39610 El Astillero (CANTABRIA).

Telf.: (942) 54-24-11 y 54-24-61

**Fargeot, S.A.**

C/ Aurora 79

08700 Igualada (Barcelona)

Telef.: (93) 805-56-78

Fax: (93) 805-25-59

[www.fargeot.fr](http://www.fargeot.fr)

**Holtza, S.A. (Ingeniería, fabricación y construcción en madera laminada).**

Polígono industrial Gojain.

01170 LEGUTIANO (Álava).

Telef.: (945) 46-55-08

Fax: (945) 46-55-70

**Lanik.**

Mundaiz, 8

20012 San Sebastián.

Telef.: (943) 28-28-11

Fax: (943) 29-15-88

**- LVL.**

**Raute Oyi.**

Rautetie 2, P. O. Box 69

FIN-15551 Nastola, Finland

Telef.: 358-3829-11

Fax: 358-3-829-11

[www.raute.com](http://www.raute.com)

Fabrica, entre otras cosas, contrachapados, LVL, etc.

Su representante en España es:

**Adecor Consulting, S.L.**

C/ Azalea 88-3-1

28109 El Soto. Alcobendas. Madrid.

Telef: (91) 650-11-30

Fax: (91) 650-60-93

e-mail: [vainio@adecorcons.com](mailto:vainio@adecorcons.com)

**RWS-Engineering Oy.**

Villähde (Finland)

Telef.: 358-3-829-61

Fax: 358-3-762-2378

[www.raute.com](http://www.raute.com)

**Binder Holz.**

Empresa tiroleña.

[www.binderholz.com](http://www.binderholz.com)

e-mail: [jenbach@binderholz.com](mailto:jenbach@binderholz.com)

**- Lignum Strand (LSL).**

**Tabsal Composites de maderas, S.A.**

Ctra. Pamplona-Vitoria Km. 22

31868 Huarte Araquil (Navarra)

[www.tabsal.com](http://www.tabsal.com)

e-mail: [carsal@camerdata.es](mailto:carsal@camerdata.es)

- **Maquinaria para la madera.**

- **Maquinaria en general.**

**Adecor Consulting, S. L.**

(Representante en España de RAUTE WOOD. Todo tipo de máquinas: contrachapados, LVL, hasta laminados.)

C/ Azalea 88-3-1

28109 El Soto, Alcobendas

MADRID

**Barberán. S.A.**

Maquinaria para el acabado de superficies.

(Todo tipo de máquinas para todo tipo de funciones, por ej.: máquinas para todo tipo de colas y encolados.)

Mi agradecimiento a su Dpto. Comercial y especialmente al *Sr. Pons* por facilitarme detallada información, fotografías y esquemas sobre la maquinaria por su empresa fabricada.

Pol. Ind. Camí Ral – C/ Galileo 3-9

Apdo-postal nº 160.

08860 Castelldefels BARCELONA

Tlf.: (93) 635-08-10 y 636-27-50

Fax: (93) 636-15-55

[www.barberan.com](http://www.barberan.com)

e-mail: [barberan@barberan.com](mailto:barberan@barberan.com)

**Calvomaq, S. L.**

Mi agradecimiento al *Sr. Calvo*, de *CALVOMAQ, S.L.*, España, por el envío de información sobre la maquinaria fabricada por sus empresas representadas: Andreoni, Balestrini, Comec y Griggio.

Camino de la Vega, 23, Nave 11

Polígono Industrial III

28830 San Fernando de Henares

MADRID

**Aliprandi.**

[www.aliprandi.it](http://www.aliprandi.it)

**CMT.**

[www.cmtutensili.com](http://www.cmtutensili.com)

**Fapil.**

[www.fapil.it](http://www.fapil.it)

**Leitz.**

[www.leitz.org](http://www.leitz.org)

**OMAS.**

[www.omastools.com](http://www.omastools.com)

**Rekord.**

[www.rekord-srl.com](http://www.rekord-srl.com)

**Rinaldi.**

[www.rinaldi.it](http://www.rinaldi.it)

**Sistemi.**

[www.sistemiklein.com](http://www.sistemiklein.com)

**Witox.**

[www.witox.com](http://www.witox.com)

**Zuani.**

[www.zuani.it](http://www.zuani.it)

**- Maquinaria de corte.**

**Interholz Raimann GmbH.**

Delegación España.

Pº de Ayete, 95 1º D

20009 San Sebastián.

Tel.: (943) 317-310

Fax: (943) 317-195

[www.raimann.com](http://www.raimann.com)

e-mail. [Info\\_e@raimann.com](mailto:Info_e@raimann.com)

**Holzma-Maschinenbau GmbH.** (Pertenece al grupo Homag).

Holzmastrabe 3

D-75365 Calw-Holzbronn

Telf.: 49 (0) 70 53/69-0

Fax: 49 (0) 70 53/6174

[www.holzma.de](http://www.holzma.de)

[info@holzma.de](mailto:info@holzma.de)

**Comercial De Suministros, S.A.**

C/ Alameda De Recalde, 39-41

Apartado, 374

48080-Bilbao

**Homag España, S.A.**

Apartado de correos 35

Pol. Ind., Mas Dorca, S/n

E-08450 L'Ametlla del Vallés BARCELONA.

Telf.: (93) 843-17-00

Telf.: (93) 843-17-07

[www.homag.com](http://www.homag.com)

e-mail: [info@homag-españa.es](mailto:info@homag-españa.es)

e-mail: [homagespana@compuserve.com](mailto:homagespana@compuserve.com)

**GreCon Dimter.**

Mi agradecimiento a *Mrs. Elke Langerfeld* y a *Mr. Fahrenschon*, director, de GRECON DIMTER (Holzoptimierung Süd GmbH & Co. KG), empresa del grupo Weinig, Alemania, por el envío de información sobre su maquinaria para madera y por facilitarme el contacto con su representante en España: el Sr. Calvo, de Calvomaq, S.L.

Rudolf-Diesel-Strasse 14-16

89257 Illeretissen, Alemania

Telf.: (0) 7303/15-0

Fax: (0) 7303/15-199

[www.grecon-dimter.de](http://www.grecon-dimter.de)

e-mail: [info@gd-sued.de](mailto:info@gd-sued.de)

### **Michael Weinig AG**

(Forma el grupo Weinig junto con GreCon Dimter y Waco).

Líder mundial en el sector de fabricantes de maquinaria para la elaboración de la madera maciza.

En 2002 cambió su nombre por el de *Concep GmbH*.

Mi agradecimiento a *Mr. Rudi Walz* del Departamento de Publicidad-Relaciones Públicas y Ferias de *MICHAEL WEINIG AG*, Alemania, por su amabilidad al enviarme extensa información en diferentes soportes sobre la maquinaria por ellos fabricada.

Weinigstrasse 2/4

D-97941 Taubertshausheim

Telf.: 49 0 (93) 418-62-40

Fax: 49 0 (93) 418-61-69

(ALEMANIA)

[www.weinig.com](http://www.weinig.com)

e-mail. [weinig@t-online.de](mailto:weinig@t-online.de)

### **Sandvick.**

Sierras de cinta.

[www.steel.sandvick.com](http://www.steel.sandvick.com)

### **Link Holzverarbeitungstechnik GmbH.**

Plantas completas de aserrado: máquinas cánter, perfilado, aserrado, sierras de disco, etc..

### **Jaime Marba Oller**

Apdo. 389

Terrasa (Barcelona)

### **Comercial De Suministros, S.A.**

Alameda de Recalde, 39-41

Apartado, 374

48080-Bilbao (VIZCAYA)

### **Sierras Montañes, S. A**

Polígono LA ESTACIÓN.

C/ Sabadell, 16 Nave 42

28320 Pinto. MADRID



- **Maquinaria de secado.**

**Brunner Hildebrand.**

D 30989 Gerhden/Hannover.

Oficina latina: Stiegerstrasse, 11.

Telf.: 49-5108-6409-0 y 49-7735-2972.

Fax: 49-5108-8133 y 49-7735-8345.

**Brunner Hildebrand-**

**Hans H.V. Borries**

C/ Alberto Alcocer, 5

28036-MADRID.

**Bes-Bollman**

F. M. Fernando Morales

Plaza Florencio Galarza 3.3º izda.

48100 Mungía (VIZCAYA)

**Tuko' Ex, S.A.**

Bº Landeta s/n

Apartado 43.

20730 Azpeitia - GUIPÚZCOA

- **Astilladoras. Desmenuzadoras.**

**Hans-H. V. Borries**

C/ Alberto Alcocer, 5

28036-MADRID

**Alimentia, S. A.**

Avda. de los Huetos, s/n

(ALI-GOBEO)

Apto. 40

01010 Vitoria (ÁLAVA)

**Barberán, S. A**

Ctra. Castelldefels a Gavá Km 3,3

Apdo-postal Castelldefels

(BARCELONA)

**Pallmann**

Representante exclusivo para España: Carlos Kirschstein Block

Desmenuzadoras de madera, desfibradoras de presión para MDF.

C/ Gómez Hemans, 14

Tlf.: (91) 302-08-63 y 302-11-21

Fax: (91) 383-93-96

28033-MADRID

- **Descortezadoras.**

**Descortezadoras talleres Bar Gar, s.l.**

C/ Pedro de Guía, 2  
15006-LA CORUÑA  
C/ Arquímedes 1,  
Pol. La Grela-Bens  
Tlf.: (981) 27-46-29  
Fax: (981) 27-49-91  
15008-LA CORUÑA

- **Federación Europea de Fabricantes de Maquinaria para la madera.**

[www.eumabois.com](http://www.eumabois.com)

e-mail: [info@eumabois.com](mailto:info@eumabois.com)

- **Herramientas.**

**Info-Tools.**

[www.herramientas.net/boletin.cfm](http://www.herramientas.net/boletin.cfm)

e-mail: [info@herramientas.net](mailto:info@herramientas.net)

- **Abrasivos.**

**Abratecnics, S.A.**

C/ Industria, 40-42  
08740 San Andreu de la Barca  
BARCELONA

• **Protección, conservación y restauración de la madera.**

**Controlpest Ambiental, S.A.**

C/ Fuentelaencina, 56  
28022-MADRID

**Oprocon, S.A.**

C/ Virgen del Coro, 11  
28027-MADRID  
Rafaela Ibarra 8, 1º Izda.  
48014 Bilbao (VIZCAYA)

**Protección de la Naturaleza, S.A.**

C/ Teniente Coronel Noreña, 47  
28045-MADRID

**Protección de Maderas, S.A. PROMAX**

(Grupo Zeltia, S.A.)  
C/ José Abascal, 2  
Tlf. ☎91) 448-00-63  
Fax: (91) 593-86-12  
[www.promaxsa.com](http://www.promaxsa.com)  
e-mail: [promaxsa@promaxsa.com](mailto:promaxsa@promaxsa.com)  
28003-MADRID

**TECMA, S.A.**  
Bº Billela s/n  
48100 Mungía. VIZCAYA

**Impregna, S.A.**  
C/ Marqués de Cubas, 23  
Tlf.: (91) 429-37-52  
Fax: (91) 429-37-67  
28014-MADRID  
C/ Erribiarte, 7 bajo DTº 11  
Telf.: (94) 480-46-98  
Fax: (94) 480-42-93  
48930 Las Arenas VIZCAYA

**QUIMUNSA (Química de Mungía, S.A.)**  
Productos y procedimientos para el tratamiento preventivo y/o curativo de la madera.  
Zabalondo, 44.  
48100 Mungía (VIZCAYA)  
Telf.: (94) 674-10-85  
Telf. De atención al cliente: 902-190-100  
Fax: (94) 674-48-29  
[www.quimunsa.com](http://www.quimunsa.com)  
e-mail: [info@quimunsa.com](mailto:info@quimunsa.com)

**Tecma, S. A.**  
Bª Billela s/n  
48100 Mungía. (VIZCAYA)

**3abc Lasures, S. L.**  
Mi agradecimiento a *D. Joaquín Martín Diéguez*, de 3 ABC LASURES, España, por la información tan bien organizada, de enorme claridad y calidad, por las muestras de lasures, cartas de color, hojas técnicas y artículos por él escritos.  
Oeste, 6 nave 23.  
Pol. Ind. Buvisa  
08329 Teia (BARCELONA)

**Basf Española, S.A.**  
Mi agradecimiento a *D. Juan Fernández*, de BASF, España, por facilitarme el acceso a páginas web, importante para la consecución de información sobre adhesivos.  
Departamento LE/M  
Paseo de Gracia, 99  
08008 – BARCELONA

**Dyrup España**

Pinturas Ricolor Dyrup, S.A. BONDEX  
C/ Impresoras, 11  
28906-Getafe (MADRID)

**Travac, S. A.**

Avda. del Petróleo, 25  
(Pol. Ind. San José de Valderas)  
28917-Leganes (MADRID)

**Xylazel, S.A.**

(Desde 1975 es la empresa líder en productos de restauración de la madera.)

Departamento Técnico de Xylazel, S.A.

Apartado de correos 91.

36480-Porriño (PONTEVEDRA)

36400

Tlf.: (986) 34-34-24 y (93) 772-22-44

[www.xylazel.com](http://www.xylazel.com)

e-mail: [servitecnico@xylazel.com](mailto:servitecnico@xylazel.com)

**Chemical Specialties Inc. y Osmose Inc.**

[www.osmose.com](http://www.osmose.com)

[www.treatedwood.com](http://www.treatedwood.com)

**Western-European Institute for Wood Preservation (WEI)**

Instituto Europeo para la Protección de la Madera.

[www.mei-ieo.org](http://www.mei-ieo.org)

e-mail: [euro.wood.fed@skynet.be](mailto:euro.wood.fed@skynet.be)

**Productos protectores de Wolman-Basf.**

**Institut de L'Europe Occidentale pour L'Impregnation du Bois (IEO).**

Es una asociación europea que representa a la industria de la madera tratada con vacío y presión.

Allée Hof-Ter-Vleest 5. Boite 4, B-1070 Bruxelles.

Telef.: 32-2-556-25-86

[www.eio-ieo.org](http://www.eio-ieo.org)

e-mail: [info@wei-ieo.org](mailto:info@wei-ieo.org)

**Información sobre termitas.**

[www.termite.com.fr](http://www.termite.com.fr)

(En francés).

**Hickson Coatings.**

C/ Dr. Cadevall 17

09041 Barcelona

Telef.: (93) 456-20-52

Fax: (93) 456-20-52

**Hickson Coatings Italia S.P.A.**

Via del Fiffò 12  
40065 PIANORO (BO)  
ITALIA  
[www.hicksoncoatings.it](http://www.hicksoncoatings.it)  
e-mail: [sales.europe@hicksoncoatings.it](mailto:sales.europe@hicksoncoatings.it)

**Cobra, S.A.**  
Finca Cantallops, S/N.  
08611 Olvan, Barcelona.

**Conalsa, S.A.**  
Avda. Del Petróleo, 25  
(Pol. Ind. San José De Valderas)  
28917-Leganés (Madrid)

**Explotaciones E Impregnaciones Forestales, S.A. (Eiforsa)**  
C/ Navarra, 1.1º  
Tlf.: (944) 24-02-77/8  
Fax: (944) 23-53-38  
48001-Bilbao (Vizcaya)

**Impregna, S.A.**  
C/Marqués De Cubas, 23.5º  
Apto. 50166-Madrid  
C/ Erribitarte, 7, Bajo Dtº 11  
78930-Las Arenas (Vizcaya)

**Impregnaciones De Madera, S.A. Imsa**  
C/Berga, S/N  
08680-Gironella (Barcelona)

**Postes Y Maderas, S.A.**  
C/ Bruch, 42  
08240-Manresa (Barcelona)

**Eiforsa**  
C/ Navarra, 1  
48001-Bilbao (Vizcaya)

**Kestopuu Oy**  
Hietalahdenranta, 15 A 8  
00180 Helsinki  
(Finlandia)

- **Adhesivos / resinas sintéticas / masillas para madera.**

**Adhesivos Plásticos Reunidos, S. L.**  
C/ Moncada, 11.2º  
Apartado, 1119  
48080-Bilbao (VIZCAYA)

Pol. Ixako s/n.  
Apartado, 67  
Ctra. Bilbao-Burgos Km 11  
48480-VIZCAYA

**Elf Atochem España, S.A.**

Av. de Burgos, 12-7º  
28036-MADRID

**Forestal del Atlántico, S.A.**

C/ Punta Promontorio, s/n.  
15620-Mugardos. A CORUÑA.

**Lyssolen, S.L.**

C/ Hierro, 51  
28850-Torrejón de Ardóz  
(MADRID)

**Adhesivos Rayt**

Polígono industrial Los Angeles  
C/ Torneros, 36  
28906 Getafe. MADRID.  
C/ Garriga, 188 y 200  
Apartado, 39  
08915-Badalona (BARCELONA)

**Colas Otaduy, S. A.**

Barnices base agua, base solventes (poliuretanos, nitros, catalizables al ácido, acrílico, uretanado, etc). Adhesivos: resinas vinílicas: PVA, etc., Poliuretano, contacto, etc.

Mi agradecimiento a *D<sup>a</sup> Ruth*, por la información enviada sobre sus adhesivos.

Pº Ubarburu, 70-Pol. Ind.27

MARTUTENE. 20014 San Sebastián (GUIPUZCOA)

Tlf.: (943) 46-90-66

Fax (943) 46-97-34

e-mail: [info@otaduy.com](mailto:info@otaduy.com)

[www.otaduy.com](http://www.otaduy.com)

**Pegamentos Gomafer.**

C/ General Yagüe, 52  
LOGROÑO

**Paniker.**

Adhesivos de Poliuretano.

**Quilosa. (Industrias Químicas Lowemberg, S.A.)**

Destaca en adhesivos y pegamentos y masillas de relleno.

Javier Sanz (Jefe de producto adhesivos industria).

Avda. de San Pablo, 22

Aptdo. Correos, 2.

28820-Coslada (MADRID)

Telf.: (91) 627-84-00  
e-mail: [jsanz@quilosa.es](mailto:jsanz@quilosa.es)  
[www.quilosa.es](http://www.quilosa.es)

**Químicas Sanz.**

Adhesivos de contacto y poliuretano que se dividen en tres grupos:

- Termofusibles.
- En dispersión acuosa acetato de polivinilo y de contacto.
- Poliuretano en base acuosa (recubrimiento de tableros con chapa, caucho, corcho, etc.

**Laboratorios Rayt, S.A.**

Fábrica y oficinas: Garriga, 188-200 – P.O. Box 39  
08910 BADALONA  
Telf.: (93) 460-10-69  
Fax: (93) 383-63-56  
e-mail: [export@rayt.com](mailto:export@rayt.com)  
[www.rayt.com](http://www.rayt.com)

**Charpenet.**

(Resinas epoxi).  
17, Rue de L'Artisanat, Z.I. 49130.  
Ste-Gemmes sur Loire.  
France.  
Telf.: 41-47-40-12.  
Fax: 41-79-02-34.

**3M.**

En su catálogo figuran más de 60.000 productos.

**Productos Imedio, S.A.**

Ctra. Comarcal 410 – Km. 35  
13370 Calzada de Calatrava (C. Real)  
Telef.: (926) 87-53-22

**Bakelite.**

Compañía alemana del grupo Rütgers.

**Neste Resins.**

Es el primer productor mundial de resinas de formaldehído. Destinadas a la industria de la madera. Dispone de fábricas en todo el mundo.  
[www.neste-chemicals.com](http://www.neste-chemicals.com)

**Monsanto Australia Ltd.**

**Casco Products.**

Es una compañía del grupo químico internacional Akzo Nobel.  
Uno de los líderes mundiales productores de adhesivos para la madera.

**Casco Dekor, S.A.**

Dpto. Colas Industriales.  
Pol. Ind. Can Roca, Sant Martí, S/n.

08107 Martorelles (Barcelona)  
Telef.: 93-579-779-00  
Fax: 93-579-79-50  
e-mail: [cdsa.adhesives@marto.cascoprod.com](mailto:cdsa.adhesives@marto.cascoprod.com)  
[www.cascowoodadhesives.com](http://www.cascowoodadhesives.com)

**SINTO.**

Masillas de relleno para carpintería.  
Empresa francesa con más de 50 años de experiencia.  
[www.sinto.fr](http://www.sinto.fr)  
e-mail: [yan.l@free.fr](mailto:yan.l@free.fr)

**Kraft, S. A.**

- **Materiales en general.**

**Registro de materiales ItEC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya.**

RM: Registro de Materiales.  
Base de datos con 4600 productos del mercado, sus fabricantes y banco de imágenes.  
[www.itec.es](http://www.itec.es)

**Materiales sostenibles.**

Materiales disponibles en la actualidad en la construcción. Productos que incorporan mejoras medioambientales.  
[www.csostenible.net/castellano/mater.asp](http://www.csostenible.net/castellano/mater.asp)

**Productos hechos en Italia.**

[www.madeinitaly.com](http://www.madeinitaly.com)

**Motor de búsqueda con más de 100.000 referencias.**

[www.datalignum.com](http://www.datalignum.com)

- **Herrajes para estructuras de madera.**

BMF Bygningsbeslag A/S.  
[www.bmf.dk](http://www.bmf.dk)  
e-mail: [bmf@bmf.dk](mailto:bmf@bmf.dk)

- **Forjados de madera en casetón.**

**Lignatur.**

Fax: 056-267-60-49



- **Vigas de celosía, en madera maciza laminada.**

**Menuiserie Maquet.**

53 Route de Saint Hubert

B 6800 Recogne. FRANCE.

Telef.: 00-32-61-22-27-46

Fax: 00-32-61-22-56-46

e-mail: [menuiserie.maquet@cobonet.be](mailto:menuiserie.maquet@cobonet.be)

- **Arquitectura y construcción.**

**Construinter.**

Revista virtual de la construcción.

[www.construinter.com](http://www.construinter.com)

[interpress@ctv.es](mailto:interpress@ctv.es)

**Información sobre el sector de la arquitectura:** productos, suministradores, etc.

[www.designmp.com](http://www.designmp.com)

[www.soloarquitectura.com](http://www.soloarquitectura.com)

- **Madera en estacas (pole).**

**Belle Pole Company**

Box 339

LUMBY, B.C.

V0E 2G0

CANADA

e-mail: [ken@bellpole.ca](mailto:ken@bellpole.ca)

**B.J. Carney Company**

General Delivery

GALLOWAY, B.C.

V0B 1P0

CANADA

e-mail: [jimfenn@bjcarney.com](mailto:jimfenn@bjcarney.com)

**Gorman Bros. Lumber Ltd Lumby Division**

Box 340

LUMBY, B.G.

V0E 2G0

CANADA

- **Madera en chapa.**

- **Chapas.**

**B & B Rare Woods.**

Página norteamericana.

[www.wood-veneers.com/venscans.htm](http://www.wood-veneers.com/venscans.htm)

**Midwest Products Co, Inc.**

Pág. Norteamericana.

[www.midwestproducts.com/woods.htm](http://www.midwestproducts.com/woods.htm)

[www.freemancorp.com/index.html](http://www.freemancorp.com/index.html)

**Inchope Maderas**

Maderas africanas (Mozambique).

[www.woodmarket.com/spanishindex.asp](http://www.woodmarket.com/spanishindex.asp)

**Angebault Veneres.**

Pág. Empresa francesa.

[www.afaveneers.com/echantillons.htm](http://www.afaveneers.com/echantillons.htm)

**Talleres bar-gar**

C/Arquímedes. 1.

Polígono “La Grela-Bens”

15008-LA CORUÑA

**Placar, S.A.**

C/ Castillejos s/n

08901-Hospitalet de Llobregat.

BARCELONA

- **Chapas de madera reconstituida.**

**Alpi SPA.**

47015 Modigliana.

Italia.

- **Chapas trenzadas.**

**Marotte.**

Más de 50 años de experiencia.

Con fines decorativos.

[www.marotte.fr](http://www.marotte.fr)

e-mail. [Marrote.sa@marotte.fr](mailto:Marrote.sa@marotte.fr)

- **Pinturas, barnices y lasures.**

**FEPYR**

Ctra. Comarcal 234, Km 9,500

Tlf.: (96) 132-01-12

Fax: (96) 132-05-01

[www.fepyr.com](http://www.fepyr.com)

e-mail: [jp-irazabal@fepyr.es](mailto:jp-irazabal@fepyr.es)

46980 Paterna (Valencia)

**IRURENA**

Carretera de Tolosa, s/n

Apdo. 30

Tlf.: (943) 81-57-00 y 81-63-58

Fax: (943) 81-09-11

20730 AZPEITIA (Guipúzcoa)

**KUPSA INDUSTRIAS QUÍMICAS**

Ctra. N-111 Logroño-Pamplona

(a 2 Km de Logroño)

Apdo. 1081

26080 LOGROÑO

**LAPPSET GROUP OY**

PL 8146

96101 ROVANIEMI

(FINLANDIA)

**OY BECKER ACROMA AB.**

KYNTTILÄKUJA 2, PL 12

FIN-00741 Helsinki

(FINLANDIA)

**Lasures Grupo FKR.**

Ctra. Morella, Km 1,7 nave 2

12500 Vinarós (Castellón) España.

Telf.: 34 (964) 40-18-64 y 34 (964) 40-70-71

e-mail: [fkarquimica@ctv.es](mailto:fkarquimica@ctv.es)

**Cedria.**

3 ABC Lasures, S.L.

C/ Lleida, 55A bajos.

08004 BARCELONA

Telf.: (93) 540-60-35

Fax: (93) 555-09-53

[www.cedria.com](http://www.cedria.com)

e-mail: [cedria@cedria.com](mailto:cedria@cedria.com)

e-mail: [cedria@mx3.redestb.es](mailto:cedria@mx3.redestb.es)

**QUIMUNSA (Química de Mungía, S.A.)**

Lasur "Corpol Decorativo" poro abierto.

Zabalondo, 44.  
48100 Mungía (VIZCAYA)  
Telf.: (94) 674-10-85  
Telf. De atención al cliente: 902-190-100  
Fax: (94) 674-48-29  
[www.quimunsa.com](http://www.quimunsa.com)  
e-mail: [info@quimunsa.com](mailto:info@quimunsa.com)

**Interprint.**

[www.Interprint.de](http://www.Interprint.de) (Firma alemana de recubrimientos para imitar maderas)  
e-mail: [INFO@interprint.de](mailto:INFO@interprint.de)

- **Otras industrias de la madera: Parquet, puertas, etc.**

**Portal de parquetistas.**

Fabricantes, productos, etc.  
**Infoparquet.com**

**Federación Europea de parquet (FEP).**

Agrupación a fabricantes y asociaciones europeas de parquet.  
[www.parquet.net](http://www.parquet.net)

**K & M Bamboo Products Inc.**

Parquet de bambú  
63 Silver Star Blvd. Unit E2  
SCARBOROUGH, ONTARIO M1V5E8  
CANADA

**Norma®.**

[www.norma-doors.com](http://www.norma-doors.com)

**Bona Kemi, S. L.**

Mi agradecimiento a D. José Manuel Díaz Neira, Técnico Comercial de BONA ESPAÑA, por el envío de información sobre sus barnices, sistemas de lijado, etc. y muestras de dichos barnices.

(Barnices)  
C/ Paloma nº 1  
28980 Fuenlabrada - MADRID

**Lyssolen, S. L.**

Polígono Los Frailes. parcela 38  
28814-Daganzo de Arriba (MADRID)

- **Materiales para la protección contra el fuego.**

**Odice.**

Colas incombustibles, masillas o espuma cortafuegos, aislantes térmicos, etc.

ZAE Les Dix Muids – Rue Lavoisier  
F-59770 Marly – Francia  
Telef.: 00-33-327-19-32-32 / Telf. Gratuito: 00.800.27.19-32-32  
Fax: 00-33-327-21-06-26  
[www.odice.com](http://www.odice.com)  
e-mail: [info@odic.com](mailto:info@odic.com)

- **Bricolaje.**

**Centro Maderero del bricolaje. C.M.B. Bricolaje.**

Bulevar José Prat, 41. Pol. Viviendas  
Valdebernardo 28032 Madrid.  
Telf.: (91) 371-26-25  
Fax: (91) 371-34-70

**LEROY MERLIN**

- **Perfiles laminados.**

**Perfiles laminados Basáñez.**

Bº Gorosibay S/n. 48960  
Usansolo. Vizcaya.  
Fax: (94) 456-79-43

**Perfiles laminados Sierolam.**

Los Cuetos. Argüelles. 33188  
Siero. Asturias.  
Fax (98) 574-23-50

**Perfiles laminados Kraslan.**

Jundiz 6. Polg. Ind. Jundiz  
e-mail: [kraslan@coverlink](mailto:kraslan@coverlink)

- **Laminados decorativos.**

**Merino Comercial.**

Representa los laminados decorativos Süddekor (Alemania).  
C/ Julio Palacios 13, 1º A  
28029 Madrid  
Telf.: (91) 733-82-88  
Fax: (91) 314-16-01

**Metzeler Laminados Iberio, S.A.**

Ctra. nal. 1, Km 243,500  
Apartado, 232  
09020-(09080)¿? BURGOS

- **Almacenistas e importadores de maderas.**

- **AEIM. Asociación Española de importadores de madera.**

Mi agradecimiento a *D. Alberto Romero*, director de la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE IMPORTADORES DE MADERA (AEIM), por el envío del directorio de sus empresas asociadas y agentes de maderas extranjeras en España.

C/ Flora, 3, 2º

28013-MADRID

[www.aeim.org](http://www.aeim.org)

e-mail: [aeim@aeim.org](mailto:aeim@aeim.org)

e-mail: [aeim@flashnet.es](mailto:aeim@flashnet.es)

**Cappelen**

Balcón de Tennis, 6

Sitio de Calahonda

29647 Mijas Costa

MÁLAGA

**Hismodei Lda**

Las Parcelas de Golf, 63

Urb. Novo Santipetri

11130 Chiclana

CÁDIZ

**Manuel J. Pérez Marchena**

C/Almirante Garrocho, nº 7, Bajo izda.

21004 HUELVA

**Palma Timber**

Alonso Bazán 5

29600 Marbella

MÁLAGA

**José Carlos Rodríguez García**

C/ Sánchez Pinto, 23 Bajo

36006 SANTA CRUZ DE TENERIFE

**Pml Representaciones**

Sta. Rosalía 20, 4º D

38002 SANTA CRUZ DE TENERIFE

**José Ignacio Lantero Serrats**

Eduardo Benot 5, 4º A

39003 SANTANDER

**Lanwey S.L.**

Eduardo Benot 5, 2º A-B

39003 SANTANDER

**Petterson Trä**

C/ López Gómez, 6  
47002 VALLADOLID

**Carelian Wood S.L.**  
C/ Mallorca 140, 5º 2ª  
08036 BARCELONA

**Hans Peter Vogelsanger**  
Eduardo Conde 5 bis  
08034 BARCELONA

**Holz Inter S.L.**  
Vía Augusta 125, 5º 8ª  
08006 BARCELONA

**International Paper (España) S.L.**  
Muntaner 200, Ático 7ª  
08036 BARCELONA

**Finnforest Ibérica S.L.**  
Carrer de la Mina, 25 1-1  
08190 San Cugat del Vallés  
BARCELONA

**Mn – Jéwé S.A.**  
Pol. Ind. Can Rosés  
C/ Atletisme s/n  
08191 Rubí  
BARCELONA

**Söder Forestal S.A.**  
Diagonal 672  
08034 BARCELONA

**Top Timber**  
C/ Marina 63-71  
Escalera A, 1º 1º  
08390 Montgat  
BARCELONA

**Vallcabot De J. Vall Vila**  
Vía Augusta, 13-15  
08006 BARCELONA

**Eurogalia**  
Avda. Alfonso Molina s/n  
Edificio Fadesa  
15008 LA CORUÑA

**Celmat Corporation Trading S.L.**  
C/ Cedaceros 1 – 3º  
28014 MADRID

**Forum Africa S.A.**

C/ Fernández de los Ríos 93  
28015 MADRID

**Lang Y Cia, S.A.**

C/ Serrano 63-2º dcha.  
28006 – MADRID

**Primewood S.L.**

Agencia de brokers.  
C/ Ferrocarril 30, 1º B  
28045 MADRID  
e-mail: [timber@primewood.com](mailto:timber@primewood.com)

**San Marcos Impex Corporation S.L.**

C/ Anís 42  
28760 Tres Cantos  
MADRID

**Stora Enso**

Mi agradecimiento a **Mr. Matti Salste**, Vicepresidente de **STORA ENSO OYJ** (Packaging Boards División), Imatra (Finlandia), por la información enviada en varias ocasiones, por los contactos facilitados de Stora Enso España en Madrid y Barcelona. A **STORA ENSO**, Hamburgo y Frankfurt (Alemania), por el envío de su revista *Tempus* e información sobre sus productos. A **STORA ENSO**, Helsinki (Finlandia), por el envío de información sobre sus productos. A **STORA ENSO**, Bruselas (Bélgica), por la información enviada. A **Mr. Soile Leppänen**, de **ENOCCELL OY** de STORA ENSO, Uimaharju (Finlandia) por el contacto facilitado con Stora Enso España en Barcelona. A **STORA ENSO ESPAÑA, S.A.** por facilitarme el contacto con Nordic Timber Council, aquí, en España. A **Mr. O. Mittermüller**, Director Técnico de **HOLZINDUSTRIE SCHWEIGHOFER AG**, de STORA ENSO, Austria, por facilitarme páginas web donde encontrar información técnica muy útil.

Paseo de la Castellana nº 135, Pta. 15  
Edificio Cuzco III  
28046 MADRID

**The Northern Pulp Co., S.A.**

Mi agradecimiento a **Mr. Robert H. Endsjö** de **THE NORTHERN PULP CO., S.A.**, a **Dª Gloria Pérez de Vargas** de **PRIMEWOOD, S.L.**, a **D. Emilio Muñoz** y a **MADERAS LLOP-OBIOLS**, por facilitarme el contacto con la Asociación Española de Importadores de Maderas (AEIM) y con ello la consecución del directorio completo de importadores españoles que tan buenos resultados ha producido.

C/ Almagro 21  
28010-MADRID  
Tlf.: (91) 310-55-00 y 319-59-60  
Fax: (91) 308-31-04  
e-mail: [bob.endsjo@northern-pulp.com](mailto:bob.endsjo@northern-pulp.com)

**Eastwood Import-Export S.L.**

Peset Aleixandre 82



Escalera 3ª, Pta. 5  
46025 VALENCIA

**Emilio Muñoz**  
Jaime Roig 19-9B  
46010 VALENCIA

**Eurotimber Spain S.L.**  
Marvá 29-20º  
46007 VALENCIA

**Fustmed S.L.**  
C/ Sol 111 – Bajo  
46910 Sedavi  
VALENCIA

**Geswood S.L.**  
Fco. de Llano 1 – 12 A  
46018 VALENCIA

**Iberia Agencia de Maderas S.L.**  
Avda. Pío XII, 1, Entresuelo  
46009 VALENCIA

**Lescom Unica S.L.**  
Avd. Vila Joyosa, 30  
03500 Benidorm  
ALICANTE

**Mag-Impex S.A**  
Conde Trenor 4, 6º 49º  
46003 VALENCIA

**Pedro Hernández Molina**  
Avda. Navarro Reverter 2  
46004 VALENCIA

**Rosa Ana Pau Tomás**  
Avda. Blasco Ibáñez nº 110,  
Escalera A – 1ª  
46021 VALENCIA

**Bradforord Forest Products Inc.**  
153 Boulevard Wilson  
33200 Bordeaux  
FRANCIA

- **Importadores de madera.**

**Alcama, S.A.**  
Internacional de maderas

Ctra. Carlet s/n  
Apdo. 28  
46250-L' Alcudia (VALENCIA)

**Alberch, S.A.**

Apartado 179  
08910 Badalona. BARCELONA

**Maderas Rado**

Maderas finas y de importación.  
Ctra. San Martín de Valdeiglesias, Km. 1  
Camino Viejo de Pozuelo, s/n  
28925 Alcorcón MADRID  
Tlf.: (91) 611-12-21 y 619-73-98  
Fax: (91) 642-61-65  
e-mail: [maderas-rado@incentral.com](mailto:maderas-rado@incentral.com)  
[www.maderas-rado.com](http://www.maderas-rado.com)

**B.M.C. Maderas, S.A.**

Polígono Industrial Cerro de San Cristóbal  
C/ del Aluminio, Parcela 230  
47012-VALLADOLID

**Gabarro Hermanos, S.A.**

Mi agradecimiento a GABARRÓ HERMANOS, S.A., por ponerme en contacto con Maderas Raimundo Díaz, S.A. (RADISA) y con la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de Madera y Corcho, (AITIM).  
Ctra. de Torre Romeu s/n  
08202 (Sabadell) BARCELONA

**Gibraltar, S. L.**

Pol. Ind. La Huertecilla  
C/ Generación 48  
29196 El Tarajal. MÁLAGA

**Hispano Francesa De Maderas, S.A.**

Apartado 108  
20300-Irun (SAN SEBASTIÁN)  
(GUIPÚZCOA)

**BRIC Maderas SANROMAN**

C/ Domingo Ran, 73  
50010 ZARAGOZA

Francisco Silva Castaño. Forestal del Atlántico, S.A.  
C/ Punta Promontorio  
15620 Mugardos LA CORUÑA

**Fustes del Pirineu Catala, S.A.**

Ctra. de Manresa-Berga Km 49,8  
08660 Balsanery. BARCELONA

**Maderas Izuel**

Camino de Miralbueno s/n  
50011-ZARAGOZA

**Maderas Ria de Arosa, S.A. (RIASA)**

Mi agradecimiento por facilitarme el contacto con la empresa Comercial F.

Acuña.

Muelle del Ramal s/n  
Apartado 206  
36600-Vilagarcía de Arosa (PONTEVEDRA)

**Maderas J. Redondo, S. L.**

Valle Inclán 11  
Pol. Ind. de Bamio.  
36600 Villagarcía de Arosa  
PONTEVEDRA

**Palle, S.A.**

Ctra. Travascan s/n  
25570 Ribera de Carlos (LÉRIDA)

**José de Ezpeleta, S.A.**

C/ Príncipe, 5  
48006-BILBAO

**Meca Iberica, S.A.**

C/ Méndez Nuñez, 4  
11401-Jerez de la Frontera (CÁDIZ)

**Sonae España, S.A.**

C/ Velázquez, 114, 3º dcha.  
28007 - MADRID

**- Importadores De Finlandia**

**Lang Y Cia, S.A.**

C/ Serrano 63-2º dcha.  
28006 - MADRID

**Enso Iberica**

C/ Raimundo Fdez. de Villaverde 26  
piso 223  
28003-MADRID

**Carelian**

Mi agradecimiento a *Mr. Timo Karjalainen* de *CARELIAN WOOD, S.L.*, por facilitarme el contacto con D. Pedro Sendino, de la oficina de Koskisen Oy (fabricantes de tableros).

Avda. Diagonal 440, 1º. 1ª E  
08037-BARCELONA

**Sóder, s.a.**

Avda. Diagonal 872  
08094 - BARCELONA

**Renco**

C/ Serrano, 6  
28001-MADRID

**Northern Pulp Co., S.A.**

C/ Almagro 21  
28010-MADRID

**- Importadores que tienen maderas de frondosas  
norteamericanas:**

**Maderas Y Chapas Blanquer, S.A.**

Polígono industrial San Francisco  
Avda. Levante s/n  
46460 Beniparrel (VALENCIA)

**Maderas Falomir, S.L.**

Ctra. Alcora, 189  
12006 CASTELLÓN

**Maderas Abraham Martínez, S.A.**

Mi agradecimiento a MADERAS ABRAHAM MARTÍNEZ, S.L., Valencia, por la  
detallada información sobre sus productos de importación.  
Avda. Eduardo Boscá, 12  
46023 VALENCIA

**Cano Molina, S.A.**

Carretera de Alicante Km 95  
30007 MURCIA

**Jonh E. Read Y Asociados.**

C/ Ferrocarril 30, 1º B  
28045 MADRID

**Maderas Raimundo Díaz, S.A. RADISA.**

Mi agradecimiento a MADERAS RAIMUNDO DÍAZ, S.A. (RADISA), y en especial  
a su Departamento de Atención al cliente, España, por el envío de información sobre  
sus productos.  
Polígono industrial Los Angeles  
C/ Fundidores, 41  
28906 Getafe (MADRID)  
Paseo Imperial, 40-42  
28005 MADRID

**Lasa y Lecumberri, S.A.**

Apartado 339  
20080 San Sebastián (GUIPÚZCOA)

**Alberch, S.A.**

Carretera a Mataró, 27  
Apartado de correos nº 179  
08910 Badalona (BARCELONA)

• **Aserraderos nacionales e internacionales.**

MADERAS BETANZOS, S.L.  
Ctra de Castilla s/n  
15300 Betanzos. LA CORUÑA

MADERAS BENIGNO MENDEZ S. L.  
Cadavedo (ASTURIAS)

DANS, RODRIGUEZ Y CIA. S. L.  
Avda. de Chile 29 al 33  
15008-LA CORUÑA  
Camino del Aserrader. Axira Sigrá  
15181 Cambre. LA CORUÑA

EXPLOTACIONES MONTES DE VALSAIN Y FABRICAS DE MADERA.  
Mi agradecimiento a *D. Adolfo Rueda Fernández*, Director del ASERRADERO DE VALSAÍN, España, por facilitarme información sobre el aserradero de Valsain, artículos sobre la madera que procesan, en Segovia, y sobre la materia prima con la que trabajan.  
C/ Primera, nº 11  
40109 Valsain. (SEGOVIA).

ECOFORRESTAL IBÉRICA DE MADERAS, S.A.  
Camino del cañuelo s/n  
42005-SORIA.

**Financiera Maderera, S. A. FINSA**

Ctra. de Santiago a la Coruña Km 57  
Apartado, 127  
Tlf.: (981) 58-00-55  
Fax: (981) 58-47-89  
e-mail: [publicidad@finsa.es](mailto:publicidad@finsa.es)  
[www.finsa.com](http://www.finsa.com)  
Santiago de Compostela (LA CORUÑA)

**MADERAS BASAÑEZ, S.A.**

Barrio Gorosibay, s/n  
48960 Usansolo-Galdacano-VIZCAYA

MADERAS HOMBRADOS, S.L.  
Ctra. de Ventosa, s/n  
19300-Molina de Aragón (GUADALAJARA)

MADERAS MENDAÑA, S.A.  
Apdo. postal 47  
15614-Campolongo-Puenedume  
(LA CORUÑA)

**MADERAS SAN VICENTE**  
Plaza de la Generalitat, 1  
08295-San Vicente de Castellet  
(BARCELONA)

MANUEL SEBASTIA, S.A.  
Camino Viejo de Picasent, s/n  
Apartado, 9.  
46200-Paiporta (VALENCIA)

**ORGANISMO AUTONOMO PARQUES NACIONALES CENTRO MONTES  
Y ASERRADERO DE VALSAIN.**

C/ Primera, 11  
40109-Valsaín. SEGOVIA

**PEDRO MARCOS ALVAREZ**  
C/ Industria, 6  
33120-Pravia (ASTURIAS)

SALVADOR PUG BONHEVI, S.A. SAPUBO.  
Ctra. N 240 Pamplona – Huesca, Km15  
3147 Monreal (NAVARRA)

DONOHUE ST. FELICIEN INC.  
4000 Ch. St. Eusebe  
St-Felicien, Quebec  
CANADA G8K 2R6

**INTERFOR**  
501 Boyd Street  
New Westminster, B.C.  
CANADA V3M 5H6

**ENSO-GUTZEIT**<sup>2137</sup>  
P.O. Box 309  
FIN-00101 Helsinki  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
FIN-55800 Imatra  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
Vuorikatu 5

---

<sup>2137</sup> Existe una gran cantidad de aserraderos en Finlandia. Enso-Gutzeit posee asimismo, muchos repartidos por todo el territorio. Nosotros incorporamos una pequeña muestra nada más.

FIN-70100 Kuopio  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
FIN-81280 Uimaharju  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
Laivamiehentie 2  
FIN-57510 Savonlinna  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
Honkalahti  
P.O. Box 12  
FIN – 54101 Joutseno  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
inkeroinen  
FIN-46900 Anjalankoski  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
Kitee  
Teollisuustie 27  
FIN-82430 Puhos  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
Kotka  
P.O. Box 62-63  
FIN-48101 Kotka  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
Tolkkinen  
P.O. Box 39  
FIN-06101 Porvoo  
(FINLANDIA)

**ENSO-GUTZEIT**  
Varkaus  
P.O. Box 177  
FIN-78201 Varkaus  
(FINLANDIA)

**KYMMENE CORPORATION**  
Mikonkatu 15 A  
P.O.Box 1079  
FIN-00101 Helsinki

[www.upm-kymmene.com](http://www.upm-kymmene.com)

Mi agradecimiento a *Mr. Aino Kuhanen*, del Aserradero Kuopio de UPM-KYMMENE, de Kymmene Group, Kuopio (Finlandia), por facilitarme importantes páginas web.

[www.Timber.upm-kymmene.com](http://www.Timber.upm-kymmene.com)

(FINLANDIA)

**TEHDASPUU OY**

P.O.Box 139

FIN-45101 Kouvola

(FINLANDIA)

**POHJANMANN PUU OY**

P.O.Box 4

FIN-68601 Pietarsaari

(FINLANDIA)

**HEINOLAN AIHIOTUOTE OY**

Sahanniemi

P.O.Box37

FIN-18101 Heinola

(FINLANDIA)

**KAUKAS OY**

FIN-53200 Lappeenranta

(FINLANDIA)

**KUOPION SAHA OY**

Siikaniemi

P.O.Box 106

FIN-70701 Kuopio

(FINLANDIA)

**WISAFOREST OY AB**

P.O.Box 42

FIN-68601 Pietarsaari

(FINLANDIA)

**METSÄ-SERLA**

Revontulentie 6

FIN-02100 Espoo

(FINLANDIA)

**METSÄ TIMBER OY METSÄ TIMBER LTD.**

Revontulentie 8C

02100 Espoo

(FINLANDIA)

**KYRÖ**

P.O.Box 4

FIN-21801



(FINLANDIA)

**METSÄ-SAIMAN**  
FIN-53920 Lappeenranta  
(FINLANDIA)

**SOINLAHDEN SAHA OY**  
Lehtomäentie 166  
FIN-74170 Soinlahti  
(FINLANDIA)

**VILPPULA**  
FIN-35700 Vilppula  
(FINLANDIA)

**REPOLA.UNITED SAWMILLS LTD**  
P.O.Box 40  
FIN-37601 Valkeakoski  
(FINLANDIA)

**KAJAANI SAWMILL**  
P.O.Box 205  
FIN 87101 kajaani  
(FINLANDIA)

**KETTULA SAWMILL**  
FIN-14870 Jutila  
FINLANDIA  
Slipitie, 9  
01530 VANTAA  
FINLANDIA

**KORKEAKOSKI SAWMILL**  
P.O.Box 25  
FIN-35501 Korkeakoski  
(FINLANDIA)

**LEIVONMÄKI SAWMILL**  
FIN-41770 Leivonmäki  
(FINLANDIA)

**PARKANO SAWMILL**  
FIN- 39700 Parkano  
(FINLANDIA)

**SEIKUU SAWMILL**  
P.O.Box 80  
FIN-28101 Pori  
(FINLANDIA)

**SOTKAMO SAWMILL**  
FIN-88610 Vuokatti  
(FINLANDIA)

**VAPO TIMBER OY**

Mi agradecimiento a *Mr. Maila Salmelin* y a *Mr. Juha Tuominen*, de VAPO TIMBER OY, Finlandia, por enviarme información sobre sus aserraderos y productos.

Yrjökatu 42  
40101 Jyväskylä  
(FINLANDIA)

**HANKASALMI**

FIN-41500 Hankasalmi as  
(FINLANDIA)

**KEVÄTNIEMI**

FIN-81700 Lieksa  
(FINLANDIA)

**NURMES**

Kirkkokatu 41  
FIN-75500  
(FINLANDIA)

**PALTAMO**

FIN-88300 Paltamo  
(FINLANDIA)

**PEURAVUONO**

FIN-99800  
(FINLANDIA)

**METSÄNTUOTTAJAT OY**

Mi agradecimiento a *Mr. Tommy Lindström*, M. Sc. (For. Prod. Marketing) y a *Mr. Paavo Kivinen*, Managing Director, del grupo **METSÄNTUOTTAJAT OY**, Finlandia, y a *Mr. Timo Karjalainen*, de **CARELIAN WOOD**, agente de Metsäntuottajat Oy en Barcelona, por el envío de información de sus productos en distintos soportes informáticos.

Kastelholmantie 2  
SF-00900 Helsinki  
(FINLANDIA)

**METSÄNTUOTTAJAT OY**

Salomonkatu 17 B 49  
FIN-00100 Helsinki  
(FINLANDIA)

**FINNISH FOREST FEDERATION**

Eteläesplanadi 2  
P.O.Box 316  
FIN-00131 Helsinki  
(FINLANDIA)

**FINNISH TIMBER COUNCIL**

P.O.Box 316  
Eteläesplanadi 2  
FIN-00131 Helsinki  
(FINLANDIA)

**FOREST PRODUCTS LABORATORY**

P.O.Box 207 (Puumiehenkuja 2<sup>a</sup>)  
SF-02151 Espoo  
(FINLANDIA)

**FINNISH WOOD RESEARCH LTD.**

Tekniikantie 4.  
02150 Espoo  
(FINLANDIA)

**VTT-TECHNICAL RESEARCH CENTRE**

Vuorimiehentie 5, Espoo.  
FIN-02044  
(FINLANDIA)

**KYMMENE GROUP**

Sirkalantie 17  
P.O.Box 3  
FIN-18101 Heinola  
(FINLANDIA)

**KYMMENE GROUP**

Sirkkalantie 17  
P.O.Box 112  
FIN-80101 Joensuu  
(FINLANDIA)

**KYMMENE GROUP**

JIVÄSKYL  
FIN-40900 Säynätsalo  
(FINLANDIA)

**KYMMENE GROUP**

Itkonniemenkatu 29  
P.O.Box 104  
FIN-70701 Kuopio  
(FINLANDIA)

**KYMMENE GROUP**

Niemenkatu 16  
FIN-70701 Lahti  
(FINLANDIA)

**KYMMENE GROUP**

FIN-53200 Lappeenranta  
(FINLANDIA)

**KALSO-TEOLLISUUS OY**

FIN-47900 Vuohijärvi  
(FINLANDIA)

**MALVAUX, S.A.**

21, rue de la Gare  
F-17330 Loulay  
(FRANCIA)

**KYMMENE GROUP**

Schaumanintie 1  
P.O.Box 13  
FIN 57201 Savonlinna  
(FINLANDIA)

**KYMMENE GROUP**

Tehtaantie  
P.O.Box 4  
FIN-37831 Viiala  
(FINLANDIA)

**PALOHEIMO WOOD OY**

P.O. BOX 188  
11101 Riihimäki  
(FINLANDIA)

**VILKON OY**

FIN – 52550 Hirvensalmi  
(FINLANDIA)

**SCHAUMAN WOOD OY**

Niemenkatu 16  
PL 203, 15141 Lahti  
(FINLANDIA)

**SCHAUMAN WOOD OY**

P.O. Box 203  
FIN - 15141 Lahti  
(FINLANDIA)

**STORA ENSO TIMBER**

PL 39, 06101 Porvoo  
(FINLANDIA)

**Corenso France**

P.O. Box 4  
F-33660 Saint-Seurin-Sur l'Isle  
FRANCE  
e-mail: [maita.arbeloa@ss.so.enso.com](mailto:maita.arbeloa@ss.so.enso.com)

**Stora Enso España**

Apartado 76

E-08760  
Martorell-(Barcelona)

**Stora Enso España, S.A.**  
Ctra. Nacional II, Km 592,6  
08755 – CASTELLIBISBAL  
BARCELONA

**Stora Enso Timber**  
Otmar Mittermüller  
A-3531 Brand 44  
AUSTRIA  
e-mail: [otmar.mittermueller@schwighofer.at](mailto:otmar.mittermueller@schwighofer.at)

**Stora Enso Timber Benelux**  
Archangelkade 8  
NL-1013 BE Amsterdam  
NETHERLANDS

**Puumerkki Oy**  
Takkatie 14,  
00370 Helsinki  
(FINLANDIA)

**NORDIC TIMBER COUNCIL**  
Drottning Kristinas väg 71  
SE-114 28 Stockholm (SUECIA)

**MAHOGANY OY**  
PL 7, 08101 Lohja  
(FINLANDIA)

**VAPO TIMBER OY**  
P.O. Box 22  
40101 Jyväskylä  
(FINLANDIA)

**UNITED SAWMILLS LTD**  
P.O. Box 80  
28101 PORI  
(FINLANDIA)

**KAUKAS OY**  
FIN-53200 Lappeenranta  
(FINLANDIA)

**BC WOOD**  
Tileman House  
131/133 Upper Richmond Road  
LONDON, SW 15 2TR  
GREAT BRITAIN

**BC WOOD**

1200/555 Burrar Street, Vancouver  
BRITISH COLUMBIA  
CANADA V7X 1S7

**GREEN FOREST LUMBER LIMITED**

194 Merton Street  
TORONTO, ON M4S 3B5  
CANADA

**BENIGNO MENDEZ GARCIA**

Cadavedo (ASTURIAS)

FUPIC, S.A.

Ctra. de Berga, Km 18

08660-BALSARENY (BARCELONA)

**MADERAS MAGRET**

Carretera San Juan, 2

17867 - CAMPRODÓN (GERONA)

- **Poliestireno, poliuretano y otros plásticos.**

**RESOPAL.**

C/ Cardenal Cisneros, 47

28010 MADRID.

Tlf.: 91-883-55-33

Fax: 91-445-23-65

**POLIGLAS (grupo Uralita).**

(Comercializa productos como glacofoam y glascopor).

C/ Casp, 17 – 6ª planta

08010 BARCELONA.

Tlf.: 93-344-11-00

Fax: 93-344-11-11

e-mail: webmaster@poliglas.grusa.com

uralita, S. A.

Plaza de las Salesas, 11.

C/ Mejía Lequerica, 10

28004 MADRID

Tlf.: 91-308-13-99, 308-14-00, 448-10-00

Fax: 91-447-11-26

INSTAPOL, S. A.

Avda. Ronda de Europa, 38 – local 4

08800 VILANOVA I LA GELTRÚ (BARCELONA)

Tlf.: 93-893-67-51 y 93-814-21-11

Fax 93-893-96-00

- **Portales y páginas web importantes por su información relacionada directa o indirectamente con el mundo de la madera.**

**Compradores y vendedores de productos de la madera en todo el mundo.**

Se encuentran en una página web creada en 2000:

[www.Timberweb-eb.co.uk](http://www.Timberweb-eb.co.uk)

**Confemadera y Construplaza.**

Confemadera es la patronal de la madera. Construplaza (mercado de materiales y servicios). Acuerdo entre ambas para acercar los productos a los empresarios e Internet.

[www.construplaza.com](http://www.construplaza.com)

**Eurostat.**

<http://europa.eu.int/eurostat.html>

**Ben Meadows.**

Central de compras de material auxiliar para temas relacionados con el medio ambiente. Catálogo con 9000 productos que se renuevan semanalmente:

[www.benmeadows.com](http://www.benmeadows.com)

**Red IRIS.**

Red académica y de investigación de amplia temática.

[www.rediris.es](http://www.rediris.es)

**Le site en bois.**

Enorme cantidad de información. Es una obra con vocación didáctica y no comercial avalada por la CTBA y algunas universidades francesas.

[www.site-en-bois.net/fr/accueil.phtml](http://www.site-en-bois.net/fr/accueil.phtml)

**Plantamerica.**

Información sobre todo tipo de plantas.

[www.plantamerica.org/palink.htm](http://www.plantamerica.org/palink.htm)

**Hof.baynet.**

Página en finlandés. Información sobre el carpintero, especies vegetales, etc.

[www.hof.baynet.de/~holl99/holzjpg/](http://www.hof.baynet.de/~holl99/holzjpg/)

**Forestalia.**

Portal del sector de la madera, el medio ambiente, la ecología y la calidad de vida.

[www.forestalia.com](http://www.forestalia.com)

[www.scmgroup.com](http://www.scmgroup.com)

[www.cosmit.it](http://www.cosmit.it)

[www.ctv.es/users/ligma](http://www.ctv.es/users/ligma)

[www.PBMDF.com](http://www.PBMDF.com)

(Composite Panel Association).

[www.montnet.com](http://www.montnet.com)

[www.timbershow.com](http://www.timbershow.com)

[www.feriaint-Bilbao.es](http://www.feriaint-Bilbao.es)

[www.cordis.lu](http://www.cordis.lu)

e-mail: [Ignacio.Sanchez.ie@bayer.es](mailto:Ignacio.Sanchez.ie@bayer.es)

Fax: (93) 228-44-23 (Muebles de paja prensada encolados con: Desmodur [adhesivos de la química de poliuretano (PUR) de Bayer].

**LCDA Materiaux.**

Aislante de fibra de cáñamo.

[www.chanvre.com](http://www.chanvre.com)

**Puertas antiguas.**

[www.portesanciennes.com](http://www.portesanciennes.com)

**Directorio de Medio Ambiente.**

[www.gedesma.es/cpdpr](http://www.gedesma.es/cpdpr)

e-mail: [cddpr@gedesma](mailto:cddpr@gedesma)

[www.montnet.com](http://www.montnet.com)

[www.timbershow.com](http://www.timbershow.com)

[www.feriaint-Bilbao.es](http://www.feriaint-Bilbao.es)

[www.cordis.lu](http://www.cordis.lu)

**Renova Manufacturing Co. Ltd.,**

De Ottawa (Canadá).

**Wood Focus Oy**

[www.woodfocus.fi](http://www.woodfocus.fi)

[www.maderaycia.com](http://www.maderaycia.com)

**Web de los aserraderos de Galicia.**

[www.apramapo.com](http://www.apramapo.com)

- **Revistas sobre madera y derivados.**

**Puu Info. (Puuinformatio Ry)**

Mi agradecimiento a PUUINFO OY, Helsinki (Finlandia), por el envío de información y directorios de los aserraderos y factorías más importantes existentes en su país. Asimismo por el envío de información sobre las actividades de Finnish Timber Council.



Gran cantidad de información de todo tipo de productos, fotografías, etc. Pág. Muy importante.

Puulinformaatio ry

PL 316

00131 Helsinki

Telef.: (09) 584-44-00

[www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)

**Stora Enso Tempus.**

Editorial Stora Enso Oyj

P.O. Box 309 FIN-00101 Helsinki

Telf.: 358-2046-131

Telefax: 358-2046-21471

[www.storaenso.com](http://www.storaenso.com)

[www.storaenso.com/viator](http://www.storaenso.com/viator)

**Holztechnik.**

Revista alemana. Revista técnica con información sobre maquinaria, glosarios, ferias, etc., pero sólo en alemán.

[www.holz-technik.de/holz/html/holz.html](http://www.holz-technik.de/holz/html/holz.html)

**Acomat.** (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: Tableros, Chapas y Molduras).

Ya no se edita.

**Montes.** (Publicación de los Ingenieros de montes).

C/ General Arrando, 38

28010 Madrid

Telef.: (91) 319-74-22

Fax: (91) 310-55-15

[www.iies.es//montes//montes.htm](http://www.iies.es//montes//montes.htm)

e-mail: [rvmontes@iies.es](mailto:rvmontes@iies.es)

**ONWOOD.** Research updates from CSIRO Forestry and Forest Products.

P.O. Box E4008, Kingston ACT 2604 Australia.

Telf.: (02) 6281-8211

Fax: (02) 6281-8312

e-mail: [Mick.Crowe@csiro.au](mailto:Mick.Crowe@csiro.au)

[www.ffp.csiro.au](http://www.ffp.csiro.au)

- **ORGANISMOS, ASOCIACIONES, CENTROS, ETC., PÚBLICOS Y PRIVADOS, RELACIONADOS CON EL MUNDO DE LA MADERA Y SUS DERIVADOS.**

- **Organismos de ámbito nacional.**

- **AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.**

C/ Génova, 6  
28004 Madrid.  
Telef.: (91) 432-60-24  
Fax: (91) 310-36-95



- **AITIM: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho.**

Mi agradecimiento a **AITIM**, por la información remitida sobre frondosas boreales de American Hardwood Export Council.

C/ de la Flora 3, 2º dcha.  
28013 Madrid  
Telef.: (91) 542-58-64 y 547-85-01  
Fax: (91) 559-05-12

[www.aitim.es](http://www.aitim.es)  
[informame@aitim.es](mailto:informame@aitim.es)



- **CONFEMADERA:**

• **FEIM: Federación Española de industrias de la Madera.**

Mi agradecimiento a *D. Francisco G. Herranz*, de la FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE INDUSTRIAS DE LA MADERA (FEIM), España, por facilitarme el contacto con la Asociación Nacional de Fabricantes de Tableros (ANFTA).

Integrado en Confemadera, está compuesto por las varias asociaciones a las que se incorporó:

- **ICMC (IPROCOR): Instituto del Corcho, madera y carbón.** Junta de Extremadura. Mérida (Badajoz).

- **ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE TABLERO AGLOMERADO-ANFTA.**

C/ Segre 20  
28002-MADRID

- **ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CARPINTERIA, EBANISTERIA Y AFINES DE MENORCA.**

C/ Federico pareja, 11.1º  
07760-Citadella de Menorca  
MENORCA

- **ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE CARPINTERIA INDUSTRIALIZADA DE MADERA (ASCIMA).**

C/ Hileras 17, 1ºc.  
28013-MADRID

- **FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE LA MADERA (FEIM).**  
C/ Hileras 17, 1ºc.  
28013-MADRID

- **FOREST ALLIANCE IBÉRICA, S.A.**

Mi agradecimiento a *Mr. Eeva Sánchez*, Director de Ventas de FOREST ALLIANCE IBÉRICA, S.A., red de ventas de los productos de Metsä-Serla y Myllykoski pertenecientes al grupo Metsäliitto, por la información remitida sobre su grupo de empresas.

(METSÄ-SERLA / MYLLYKOSKI)

C/ Serrano, 47, 12ª

28001 – MADRID

- **Organismos de ámbito europeo.**

- **De ámbito general o que engloban a distintos países.**

- **(FEIC). FÉDÉRATION EUROPÉENNE DE L'INDUSTRIE DU CONTRAPLAQUÉ.** (Federación Europea de la Industria de Tableros Contrachapados).

- **CEI-Bois**, Confederación Europea de las Industrias de la Madera.

- **Nordic Timber Council. CONSEJO NÓRDICO DE LA MADERA-(NTC).**

C/ Capitán Arenas 22, 1º, 4º A

08034-BARCELONA

Guía para comprar productos de los aserraderos nórdicos en Internet.

[www.nordictimber.org](http://www.nordictimber.org)

[ntcjl@teleline.es](mailto:ntcjl@teleline.es)

- **Western European Institute for Wood Preservation (WEI).** Instituto Europeo para la Conservación de la Madera.

Telef.: 32-2-556-25-86

Fax: 32-2-556-25-95

e-mail: [euro.wood.fed@skynet.be](mailto:euro.wood.fed@skynet.be)

- **EPF, European Panel Federation.** (Federación Europea de Tableros de la Madera). La componen 23 países miembros: 200 empresas de tableros aglomerados de partículas, 60 de MDF y 7 de OSB.

Telf.: 32-255-625-89

Fax: 32-255-625-94

[www.europanel.com](http://www.europanel.com) o [www.europanel.org](http://www.europanel.org)  
e-mail: [euro.wood.fed@skynet.be](mailto:euro.wood.fed@skynet.be)

- **EOS, European Organisation of the Sawmill Industry.**  
Organización Europea de las Industrias del Aserrado.

Telef.: 32-2-556-25-97  
Fax: 32-2-556-25-95  
e-mail: [euro.wood.fed@skynet.be](mailto:euro.wood.fed@skynet.be)

- **EMB: Euro MDF Board.** Asociación Europea de Fabricantes de Tableros de Fibras de Densidad Media.
- **Comité Europeo de Normalización. (CEN).**

Secretaría Central: 2, Rue Bréderode  
B – Bruxelles.  
[www.cenorm.be](http://www.cenorm.be)

**European Wood E-Trade Association (EWETA).** Desarrollo de normas para el negocio de la madera en Internet. (Creada en la Feria Elmia Timber 2000 en Suecia.

[www.elmia.se](http://www.elmia.se)

#### ○ Francia.

- **CTB: Centro Técnico de la Madera y del Mueble (Francia).** (Máximo organismo europeo para la certificación de instalaciones de tratamiento de madera).



#### ○ Finlandia.

- **VTT: Technical Research Centre of Finland.** (Centro técnico de Investigación de Finlandia). Se ocupa de la investigación de la madera.
- **PUUINFO OY. Finnish Timber Council.**

**PUUINFO OY. Finnish Timber Council.**  
Snellmaninkatu 13, Fin – 00170 Helsinki  
e-mail: [finnish.timbercouncil@puuinfo.fi](mailto:finnish.timbercouncil@puuinfo.fi)  
Helsinki. FINLAND  
FIN-44501 VIITASAARI  
FINLAND

#### Directorio:

**Metsäntuottajat Oy**

SALOMONKATU 17 B  
FIN-00100 HELSINKI  
FINLAND

**Oy Metsä Timber Ltd.**

P.O. BOX 60  
02020 METSÄ,  
FINLAND

**United Sawmills Ltd.**

P.O. BOX 66  
FIN-28101 PORI  
FINLAND

○ **Noruega.**

- **Norsk Treteknisk Institutt (NTI).** Instituto Noruego de Tecnología de la Madera.

NTI – Norwegian Institute of Wood Technology.  
P.O. Box 113 – NO 0314 Oslo Noruega.  
Telf.: 47-22-96-56-57  
Fax: 47-22-60-42-91  
e-mail: [Unni.norderhaug@treteknisk.no](mailto:Unni.norderhaug@treteknisk.no)  
[www.treteknisk.no](http://www.treteknisk.no)

○ **Alemania.**

- **OTTO GRAF INSTITUT de la FMPA de Baden-Württemberg.** Instituto Otto Graf de Stuttgart (Alemania). FMPA quiere decir Centro de Investigación y Pruebas de Materiales.
- **WKI,** Wilhelm Klauditz Institute.

Fax: 49-5312-155-212  
e-mail: [info@wki.fgh.de](mailto:info@wki.fgh.de)

**Centro de Investigación y Desarrollo de DESOWAG.** Situado en Rheinberg. Está considerado como el centro industrial I + D más importante del mundo para la protección de la madera.

○ **Países bajos.**

- **CENTRUM HOUT.** Centro de Información de la Madera de los Países Bajos.

- **Organismos de ámbito internacional.**
  - **Organismos a los que pertenecen un conjunto determinado de países.**
    - **F.A.O.** Forestry Division of the Food & Agriculture Organization of the United Nations.
    - **ISO: International Organization for Standardization.** (Organización Internacional de Normalización).
  - **Organismos propios de cada país.**

- **Canadá.**

- **Forintek Canada Corporation** (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo de Productos de Madera de Canadá). Está dividido en 5 departamentos, con sus respectivos laboratorios:<sup>2138</sup>
  - Madera aserrada (Lumber manufacturing).
  - Secado y protección de la madera (Drying and preservation).
  - Sistemas constructivos (Buildings systems).
  - Composites o productos compuestos (Composites).
  - Fuego (Fire research).

Mi agradecimiento a FORINTEK CANADA CORPORATION (Western Region), Vancouver, B.C. (Canadá), por la extensísima bibliografía técnica facilitada, e información sobre las investigaciones llevadas a cabo por tan importante centro de investigación a escala internacional.

***Western Laboratory***

2665 East Mall  
Vancouver, B.C.  
CANADA V6T 1W5

***Eastern Laboratory***

800 Montreal Road  
Ottawa K16 3Z5  
CANADA

- **Forest Engineering Research Institute of Canada. (FERIC)**  
Instituto de investigación de ingeniería forestal de Canadá.

Mi agradecimiento a FOREST ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE OF CANADA (FERIC), Vancouver, B.C., (Canadá), por la bibliografía y directorio enviados de las empresas que forman su organización, de las que obtuve importantes contactos que me facilitaron la obtención de muestras de sus productos e información.

---

<sup>2138</sup> Según Aitím “Especial Canadá”, nº 162, 1993, pág. 85.

- **Canadian Forest Service (C.F.S.)** (Servicio Forestal de Canadá).
- **Canadian Construction Materials Centre (CCMC).** (Centro Canadiense para los Materiales de Construcción).
- **N.B.C.C.: National Building Code of Canada.**
- **Natural Resources Canada (NCR).** (Equivalente del CSIC en Canadá).
- **Canadian Plywood Association (CANPLY).** (Asociación Canadiense de Madera Terciada). Antiguo **Council Forest Industries (COFI)** Consejo de Industrias Forestales de Columbia Británica.

Mi agradecimiento a *Mr. Chris Lee*, Coordinador de Actividades Mercantiles, de CANADIAN PLYWOOD ASSOCIATION (CANPLY), North Vancouver, B.C. (Canadá), por la información y muestras remitidas, de terciados canadienses.

Organización: tres departamentos:

- Servicio de Certificación / Calidad.
- Desarrollo técnico / Ingeniería.
- Desarrollo de Mercado.

Fundada en 1951 con el nombre de Plywood Manufacturers Association of British Columbia, Canply, es una asociación industrial, sin ánimo de lucro, que representa a los principales productores de madera aserrada, chapa y contrachapado.

**COUNCIL OF FOREST INDUSTRIES OF BRITISH COLUMBIA (COFI).**

1200-555 Burrard Street  
Vancouver, BC V7X 1S7  
CANADA

**COFI-PLYWOOD TECHNICAL CENTRE.**

735 West 15th Street  
North Vancouver  
BRITISH COLUMBIA V7M 1T2  
CANADA

**COFI-LONDON.**

Tileman House  
131-133 Upper Richmond Road  
London England SW15 2TR  
GREAT BRITAIN

- **C.S.A. Canadian Standard Association.** Asociación canadiense de Normalización.
- **Composite Panel Association.** Asociación canadiense de tableros compuestos.
- **PRESERVERS' BUREAU CANADIAN INSTITUTE OF TREATED CANADIAN WOOD (CITW).**  
75 Albert Street, Suite 506  
Ottawa, Ontario K1P 5E7  
CANADA
- **CANADIAN LUMBER STANDARDS ACCREDITATION BOARD (CLS).**  
1055 West Hastings Street Suite 260  
Vancouver, BC V6W 2W9  
CANADA
- **CANADIAN LUMBERMEN'S ASSOCIATION (CLA). ASSOCIATION CANADIENNE DE L'INDUSTRIE DU BOIS.**  
27 Goulbourn Avenue  
Ottawa, Ontario K1N 8C7  
CANADA
- **CANADIAN MANUFACTURED HOUSING INSTITUTE.**  
A/A.: Mr. Jamie Cooke  
200 Elgin St., St 702  
Ottawa, Ontario  
CANADA K2P 1L5
- **CANADIAN PARTICLEBOARD ASSOCIATION (CPA).**  
27 Goulburn Avenue  
Ottawa, Ontario K1N 8C7  
CANADA

CANADIAN WOOD COUNCIL.

Suite 1550  
55 Metcalfe Street  
Ottawa, Ontario K1P 6L5  
CANADA

- **CARIBOO LUMBER MANUFACTURERS' ASSOCIATION (CLMA).**  
197 Second Avenue North, Suite 301  
Williams Lake BC V2G 1Z5  
CANADA
- **CENTRAL FOREST PRODUCTS ASSOCIATION, INC (CFPA).**  
P.O. Box 1169  
Hudson Bay, SK S0E 0Y0



CANADA

- **CENTRAL INTERIOR LOGGING ASSOCIATION.**  
Rm. 106, 3851  
18<sup>th</sup> Ave. Prince George, B.C.  
CANADA V2N 1B1
- **FORESTRY CANADA PACIFIC FORESTRY CENTRE.**  
Mi agradecimiento al *Dr. Bill Wilson*, Director, Industry, Trade & Economics Research de PACIFIC FORESTRY CENTRE, Victoria, British Columbia, (Canadá), por su amabilidad al darme detallada información y asesoramiento sobre importantísimas págs. web relacionadas con la investigación internacional del mundo de la madera. Los contactos por él facilitados han sido de especial importancia en el desarrollo de este trabajo.  
506 West Burnside Rd.  
Victoria, B.C.  
CANADA V8Z 1M5
- **LAMINATED TIMBER INSTITUTE OF CANADA (LTIC).**  
c/o Western Archrib Structures  
4315-92<sup>nd</sup> Avenue  
Edmonton, AB T6B 3MT  
CANADA
- **STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION (SBA).**  
Mi agradecimiento a *Mr. Reginald R. Sharpe*, Representante Técnico Comercial de **STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION (SBA)**, Toronto, Ontario (Canadá), por el envío de información técnica sobre sus tableros, así como de importantes directorios de empresas relacionadas con su compañía.  
45 Sheppard Avenue East  
Suite 412  
Willowdale, Ontario  
CANADA M2N 5W9
- **ASSOCIATION DES MANUFACTURIES DE BOIS DE SCIAGE DU QUÉBEC.**  
(QUÉBEC LUMBER MANUFACTURERS ASSOCIATION)  
5055, boul, Hamel Ouest. Bureau 200  
Quebec, QC. CANADA G2E 2G6
- **CANADIAN HARDWOOD PLYWOOD ASSOCIATION (CHPA).**  
27 Goulburn Avenue  
Ottawa, Ontario K1N 8C7  
CANADA
- **Structural Board Association (SBA). Directorio.**

**Ainsworth Lumber Company Ltd.**

Mi agradecimiento a *Mrs. Anne Hildebrand*, de  
AINSWORTH LUMBER CO. LTD., British Columbia,  
Canadá, por la detallada y gráfica información enviada,  
así como por los esquemas de fabricación y por las  
diferentes muestras de sus productos.

3194-1055 Dunsmuir  
Vancouver, BC V7X 1L3  
CANADA

**CSC Forest Products Ltd.**

Station Road, cowie  
Stirlingshire, FK7 7BQ  
SCOTLAND

**Grant Forest Products Inc.**

2233 Argentia Road  
Mississauga, ON L5N 2X7  
CANADA

**Isoroy S.A.**

Isoroy  
Le Techniparc  
Parc d'activités Val de Seine  
10 allée Jean-Baptiste Preux  
94146 Alfortville Cedex  
FRANCE

**Kronopol Sp. z.o.o.**

ul. Serbska 56  
68-200 Zary,  
POLONIA

**Langboard, Inc.**

Hwy 84 East  
Quitman, GA 31643  
U.S.A.

**Longlac Wood Industries Inc.**

2000 Argentia Road  
Plaza One, Suite 200  
Mississauga, ON L5N 1P7  
CANADA

**Lousiana-Pacific Corporation**

1701 East Woodfield Rd.  
Schaumburg, IL 60173  
U.S.A.

**Lousiana-Pacific Corporation**

100 I 45 N., P.O. Box 3107  
Conroe, TX 77305  
U.S.A.

**Malette Québec Inc.**  
PANNEAUX MALETTE OSB DIVISION  
775, 122 Street  
St-Georges De Champlain, QC  
G9T 5K7  
CANADA

**Martco Partnership**  
U.S. HWY 71 South  
Lemoyen. LA 71347  
U.S.A.

**Masisa S.A.**  
Casilla 663 Correo Central,  
Santiago,  
CHILE

**Norbord Industries Inc.**  
**Northwood Panelboard Company**  
1 Toronto Street  
Toronto, ON M2C 2W4  
CANADA

**Slocan Forest Products Ltd.**  
240, 10451 Shellbridge Way  
Richmond, BC V6X 2W8  
CANADA

**Tolko Industries Ltd**  
P.O. Box 39  
Vernon, BC V1T 6M1  
CANADA

**Voyageur Panel Ltd.**  
(BOISE CASCADE CORP.)  
Nighswander Road, PO Box 2000,  
Barwick, ON P0W 1AO  
CANADA

- **Interior Lumber Manufacturer's Association. Ilma. Mill Directory 2000.**<sup>2139</sup>

Mi agradecimiento a *Mr. Gary Crooks* y a *Mr. Arden Stainsby* (Executive Assistant), ambos pertenecientes a INTERIOR LUMBER MANUFACTURERS' ASSOCIATION (ILMA), en Canadá, por facilitarme el directorio de los aserraderos y factorías de su asociación, así como información de sus actividades e importantes productos.

**Interior Lumber Manufactures' Association (Ilma).**  
360, 1855 Kirshner Road

---

<sup>2139</sup> Dada la gran cantidad de asociados sólo incluiremos algunas de estas empresas.

Kelowna, B.C.  
CANADA V1Y 4N7

**ARDEW WOOD PRODUCTS LTD.**

Box 280  
Merrit, B.C.  
VOK 2B0  
CANADA  
e-mail: [bcarr@mail.nicolavalley.com](mailto:bcarr@mail.nicolavalley.com)

**ARROW RELOAD SYSTEMS INC.**

Kamloops, B.C.  
V2E 2J3  
CANADA  
e-mail: [gquayle@arrow.ca](mailto:gquayle@arrow.ca)

**ATCO LUMBER LTD.**

Box 369  
Fruitvale, B.C.  
V0G 1L0  
CANADA

**J.R. BLACKMORE & SONS LTD.**

Box 880  
Cranbrook, B.C.  
V1C 4J6  
CANADA

**CRESTBROOK FOREST INDUSTRIES LTD.**

Box 4600  
Cranbrook, B.C.  
V1C 4J7  
CANADA

**COLUMBIA LOG WORKS**

Box 463  
Canal Flats, B.C.  
V0B 1B0  
CANADA

**DARFIELD MANUFACTURING INC.**

Darfield, B.C.  
V0E 1R0  
CANADA  
e-mail: [cnewton@direct.ca](mailto:cnewton@direct.ca)

**EAST KOOTENAY LUMBER & WEBBING**

Canal Flats, B.C.  
V0B 1B0  
CANADA

**EVANS FOREST PRODUCTS**  
**EAGLE RIVER SAWMILL**  
General Delivery  
Malaka, B.C.  
V0E 2J0  
CANADA

**FEDERATED CO-OPERATIVES LIMITED**  
**CANOE LUMBER DIVISION**  
Box 70  
Canoe, B.C.  
V0E 1K0  
CANADA  
e-mail: [bvb@fclcanoe.com](mailto:bvb@fclcanoe.com)  
e-mail: [abaron@fclcanoe.com](mailto:abaron@fclcanoe.com)

**GALLOWAY LUMBER COMPANY LTD.**  
General Delivery  
Galloway, B.C.  
V0B 1P0  
CANADA  
e-mail: [galloway@cyberlink.bc.ca](mailto:galloway@cyberlink.bc.ca)

**GOOSE CREEK LUMBER LTD.**  
Box 6  
Playmor Road  
Crescent Valley, B.C.  
V0G 1H0  
CANADA

**GORMAN BROS. LUMBER LTD.**  
Box 26052  
Westbank, B.C.  
V4T 2G3  
CANADA

**J.H. HUSCROFT LTD.**  
R.R.#1  
Creston, B.C.  
V0B 1G1  
CANADA

**INTERACT WOOD PRODUCTS LTD.**  
Box 945  
Golden, B.C.  
V0A 1H0  
CANADA

**JONES TIES & POLES (1978) LTD**  
Box 814  
Rossland, B.C.

VOY.1YO  
CANADA

**KALESNIKOFF LUMBER CO. LTD.**  
P.O. Box 3000  
THRUMS, B.C.  
V1N 3L8  
CANADA  
E-mail: [kenk@netidea.com](mailto:kenk@netidea.com)

**JOE KOZEK SAWMILLS LTD**  
1792 Camozzi Rd.  
REVELSTOKE, B.C.  
V0E 2S1  
CANADA

**McDONALD RANCH & LUMBER LTD**  
Box 56  
GRASMERE, B.C.  
V0B 1R0  
CANADA  
E-mail: [mrl@elkovalley.net](mailto:mrl@elkovalley.net)

**MARDIS FOREST PRODUCTS LTD**  
Box 80  
SKOOKUMCHUCK, B.C.  
V0B 2E0  
CANADA

**MEADOW CREEK CEDAR LTD.**  
Box 970  
KASLO, B.C.  
V0G 1M0  
CANADA

**NMV LUMBER LTD**  
2770 Pooley Ave  
MERRITT, B.C.  
V1K 1C1  
CANADA  
e-mail: [nmlumbe@nicolavalley.com](mailto:nmlumbe@nicolavalley.com)

**NORTH STAR HARDWARE & BUILDING  
SUPPLIES LTD.**  
Box 15  
INVERMERE, B.C.  
V0A 1K0  
CANADA  
E-mail: [nstar@rockies.net](mailto:nstar@rockies.net)

**POPE & TALBOT LTD**

**CASTLEGAR DIVISION**  
Box 2000  
CASTLEGAR, B.C.  
V1N 4G4  
CANADA

□ **EE.UU.**

- **ASTM: American Society for Testing Materials.** (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales). Esta sociedad técnica se formó para desarrollar normas sobre las propiedades de materiales, productos, etc. Tiene del orden de 125 comités de tipo técnico que regulan las relaciones fabricantes-consumidores, etc. Se encuentra en Filadelfia, Pensilvania.
- **Council of American Building Officials (CABO).**
- **APA: The Engineered Wood Association:**

Mi agradecimiento a *D<sup>a</sup> Elena Gómez*, Responsable de Comunicación de THE ENGINEERED WOOD ASSOCIATION (APA), Madrid (España), por la bibliografía e información facilitadas sobre los tableros estructurales norteamericanos.

(Antes era la American Plywood Association). Es una asociación industrial sin ánimo de lucro que agrupa a los fabricantes de productos estructurales de madera de Norteamérica: contrachapado, OSB, glulam y productos de ingeniería manufacturados. Representa a las 45 empresas más importantes con el 75% de la producción de tableros estructurales de madera. Tiene su sede en:

Tacoma, Washington (USA).  
[www.apa-germany.de](http://www.apa-germany.de)  
(Pág. Web en Alemania).

Empresas que comercializan productos de APA:

**Maderas Abraham Martínez**

Ctra. de Paiporta-Benetuser, 74  
46200 VALENCIA

**Maderas Polanco**

Ctra. Cádiz-Málaga Km 9,5  
11130 Chiclana  
CÁDIZ

**Maderas Lavall**

Avda. Hnos. Bou, 237  
12003 CASTELLÓN

### **Maderas Medina**

Mi agradecimiento a *D. Luis Vergara Rincón*, Director Comercial, y a *D. Fco. José Moreno*, Delegado de Ventas de *MADERAS MEDINA, S.A.*, Madrid-Toledo, (Miembro perteneciente a A.P.A.), por el detallado envío de información sobre los productos por su empresa comercializados.

Ctra. Cabañas s/n  
45300 Ocaña  
TOLEDO  
C/ Constitución 69  
28940 Fuenlabrada  
MADRID

### **Maderas Rabriju**

C/ Moro nº 2  
04008 ALMERÍA

- **SBA: Structural Board Association.** Así denominada a partir de 1985, ya que anteriormente su nombre era Waferboard Association. Es una asociación comercial de productores de OSB encargada de la continua mejora de calidades de sus tableros y servicios globales.

315 EAST RIVER ROAD  
BRAINERD, MN  
U.S.A. 56401

- **ASLSC.** Comité americano de normas para la madera.
- **SPIB.** Bureau de inspección del pino del Sur.
- **American Hardwood Export Council. (AHEC).**

Regent Arcade House, 19-25 Argyll Street  
London W1V 1AA  
UNITED KINGDOM  
[www.ahec-europe.org](http://www.ahec-europe.org)

(Esta pág. Web es del AHEC en Europa).

- **AMERICAN HARDWOOD EXPORT COUNCIL**  
1250 Connecticut Avenue, NW  
Washington, DC 20036  
USA  
1111 19<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, D.C. 20036  
USA
- **AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION**  
1250 Connecticut Avenue, NW



Washington, DC 20036  
USA

- **APPALACHIAN HARDWOOD MANUFACTURERS INC.  
(AHMI)**

PO Box 427  
High Point, NC 27261  
USA

- **FINE HARDWOOD VENEER ASSOCIATION (FHVA)**

**AMERICAN WALNUT MANUFACTURERS ASSOCIATION  
(AWMA)**

5603 West Raymond Street Suite O  
Indianapolis, IN 46241  
USA

- **SOUTHERN CYPRESS MANUFACTURERS ASSOCIATION.  
(SCMA). Directorio.**

**SOUTHERN CYPRESS MANUFACTURERS  
ASSOCIATION. (SCMA).**

400 Penn Center Boulevard, # 530  
Pittsburg, PA 15235  
USA

**ACADIAN CYPRESS & HARDWOODS**

#1 Industrial Ave  
Ponchatoula LA 70454  
USA

**MCEWEN LUMBER COMPANY**

P.O. BOX 950  
High Point NC 27261  
USA

**MORRIS FARMS CYPRESS SAWMILL**

Mi agradecimiento a *Mr. David M. McCluney*, Director de MORRIS FARMS CYPRESS SAWMILL, Baxley, Georgia (EE.UU.), perteneciente a Southern Cypress Manufacturers Association, por el envío de información sobre las distintas especies que comercializan y por las muestras de ciprés enviadas.

206 MLK, Jr. Ave.  
Baxley GA  
USA

**WILSON LUMBER COMPANY, INC**

1279 N. McLEAN BLVD.  
MEMPHIS TN 38108

USA

**HARWOOD PLYWOOD VENEER  
ASSOCIATION (HPVA)**

1825 Michael Faraday Drive  
PO Box 2789  
Reston, VA 22090  
USA

**LAKE STATES LUMBER ASSOCIATION**

PO Box 216  
Iron Mountain, MI 49801  
USA

**NATIONAL DIMENSION MANUFACTURERS  
ASSOCIATION (NDMA)**

1000 Johnson Ferry Road,  
Suite A-130  
Marietta, GA 30068  
USA

**NATIONAL HARDWOOD LUMBER  
ASSOCIATION (NHLA)**

PO Box 34518  
Memphis, TN 38184-0518  
USA

**NORTHEAST WOOD PRODUCTS EXPO  
(NEWPEX)**

Petee Hall – UNH  
Durham, NH 03824  
USA

**NORTHEASTERN FOREST ALLIANCE (NEFA)**

PO Box 932  
Saranac Lake, NY 12983  
USA

- **Northeastern Loggers Association (Nela). Directorio.**<sup>2140</sup>  
Mi agradecimiento a **NORTHEASTERN LOGGERS' ASSOCIATION, INC., (NELA)**, importantísima asociación maderera de New York (EE.UU.), por enviarme cumplida información de sus productos y directorio de sus miembros.

**NORTHEASTERN LOGGERS ASSOCIATION  
(NELA).**

PO Box 69  
Old Forge, NY 13420  
USA

---

<sup>2140</sup> Dada la gran cantidad de empresas asociadas sólo incluiremos unas cuantas que la representen.

**ERIKSON LUMBER, INC.**

Box, 808  
WEEDSPORT, NY 13166  
<http://www.eriksonlumber.com>  
e-mail: [erikson@dreamscape.com](mailto:erikson@dreamscape.com)  
USA

**FORECO**

P.O. Box 115  
RUMNEY, NH 03266  
USA

**HOJIN AMERICA CORP.**

170 Gibson Rd.  
VALLEY STREAM, NY 11581  
e-mail: [hojinameri@aol.com](mailto:hojinameri@aol.com)  
USA

**HULL FOREST PRODUCTS, INC.**

101 HAMPTON RD.  
POMFRET CENTER, CT 06259  
USA

**INDUSTRIAL MATERIALS CORPORATION**

328 Cooper Dr.  
VERBANK, NY 12585  
USA

**MID-AMERICA FOREST PRODUCTS**

R.R. #1, Box 249  
HANNIBAL, MO 63401  
USA

**RUTLAND PLYWOOD CORPORATION**

P.O. Box 6180  
RUTLAND, VT 05701  
USA

**TROWBRIDGE FOREST PRODUCTS**

136 Lewis Rd.  
HAMPTON, CT 06247  
USA

**VOLZ TIMBER CO.**

1002 Edgehill Rd.  
COVINGTON, KY 41011  
USA

**WESCOR FOREST PRODUCTS CO.**

Mi agradecimiento a *Mr. John Jacobs*, Director de  
Ventas Internacionales, de WESCOR FOREST

PRODUCTS, Clarksburg, West Virginia (EE.UU.), por el envío de información y muestras de chapas de madera de las distintas especies que comercializan.

P.O. Box 867 Rt. 19 S.

CLARKSBURG, WV 26301

USA

**SOUTHEASTERN LUMBER MANUFACTURERS ASSOCIATION (SLMA)**

Mi agradecimiento a esta asociación estadounidense que agrupa a muchas de las más importantes empresas madereras de ese país, por el envío de bibliografía sobre frondosas y coníferas y directorio de sus empresas asociadas.

PO Box 1788

Forest Park, GA 30051-1788

USA

**LUMBER MANUFACTURERS ASSOCIATION OF VIRGINIA, INC.**

PO Box U

220 E. Williamsburg Road

Sandston, VA 23150

USA

- **Hardwood Manufacturers Association (Hma). Directorio.**

Mi agradecimiento a *HARDWOOD MANUFACTURERS ASSOCIATION (HMA)*, asociación norteamericana de Pittsburg (Pennsylvania) que agrupa a muchas de las más importantes empresas madereras de ese país, por el envío de información de sus empresas asociadas, de sus directorios y de su "Buyer's guide 2000" y de su "Guide to American Hardwood".

**ANDERSON-TULLY COMPANY**

P.O. Box 38

VICKSBURG, MS 39181

e-mail: [SALES@ANDERSONTULLY.COM](mailto:SALES@ANDERSONTULLY.COM)

USA

**BURT MOEKE & SON HARDWOODS,**

P.O. Box 500

2509 Valley Rd.

MANCELONA, MI 49659

e-mail: [moeke@freeway.net](mailto:moeke@freeway.net)

[Http://Www.MOEKE@Freeway.Net](http://Www.MOEKE@Freeway.Net)

USA

**JIMMY WARD HARDWOODS, INC**

P.O. Box 68

SEAGROVE, NC 27341-0068

e-mail: [jwhardwood@atomic.net](mailto:jwhardwood@atomic.net)

USA

**WOOD PRODUCTS, INC**

P.O. Box 189 8th St.

OAKLAND, MD 21550

e-mail: [wood-products@gcnet.net](mailto:wood-products@gcnet.net)

USA

□ **Mexico.**

- **AMERICAN HARDWOOD EXPORT COUNCIL U.S.**  
**AGRICULTURAL TRADE OFFICE**

Edificio Parque Virreyes, Monte Pelvoux 220 PH-2

Esquina Prado Sur, Col. Lomas 11000 México City

MÉXICO

□ **Asociaciones en Hong Kong.**

- **AMERICAN HARDWOOD EXPORT COUNCIL**

Room 528, West Wing, New World Office Building

20 Salisbury Road, Tsimshatsui

HONG KONG

□ **Japón.**

- **COFI-TOKYO.**

Tameike Annex

1-5-15 Akasaka

Minatu-KU

Tokyo 107, JAPAN

- **AMERICAN HARDWOOD EXPORT COUNCIL U.S.**  
**AGRICULTURAL TRADE OFFICE**

Tameike Tokyu Building, 7F 1-1-14 Akasaka

Minato-ku, Tokyo 107

JAPAN

□ **Asociaciones en China.**

- **C/O AMERICAN FOREST & PAPER ASOCIATION**

Room 7E03, 5 Hsin Yi Road, Sec. 5

Taipei, Taiwan

REPUBLIC OF CHINA

○ **Organismos a los que pertenecen empresas de todo el mundo.**

- **Wood Technology Club.**

Se trata de un comité internacional para el sector de la maquinaria para la madera. Se creó en mayo de 2001 en Hannover y a él pertenecen todas las grandes asociaciones de fabricantes de maquinaria de todo el mundo.

## BIBLIOGRAFÍA

ABELLA, Ignacio, *El hombre y la madera*, 4ª edición, editorial Integral, Barcelona, 1998.

ACHEIMASTOU-POTAMIANOU, Myrtali, *Icons of the Byzantine Museum of Athens*, Archaeological receipts fund, Athens, 1998.

ADAM, Hans, *Cómo construir armarios y muebles auxiliares*, Editorial Ceac, S. A., Barcelona, 1995.

*Acomat*, nº 42, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, septiembre-octubre, 1986.

“Adhesivos: ¿Cómo trabajan los adhesivos?”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 194, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 1998.

“Adhesivos. Control de calidad en el encolado”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 194, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 1998.

“Adhesivos para estructuras de madera laminada”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 179, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1996.

*AENOR. Madera para construcción*, Tomo 9, Recopilación de normas UNE, Edita AENOR, Madrid, 1998

AGUIRRE ROYUELA, Miguel-Álvaro, “Ficha técnica de maderas nacionales: Aliso”, *Acomat*, año XII, nº 65, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, julio-agosto, 1990, págs. 16-20.

*Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994.

nº 173, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1995.

nº 178, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1995.

nº 179, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1996.

nº 191, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1998.

nº 194, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 1998.

nº 195, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1998.

nº 196, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1998.

nº 197, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1999.

ALMANSA SAN ANDRÉS, Arturo, *Aspectos legales del monte alcornocal y su aprovechamiento*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982.

ANDRADE, Ortega, *Historia de la construcción I*, edita Universidad de las Palmas, Las palmas de Gran Canaria, 1993.

“An investor’s guide for Panelboard systems”, Sunds Defibrator, Stockholm, Sweden, 1999.

“A quarter century of success. 1975-2000”, Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC), Pointe-Claire, QC, Canada, 2000.

ARESES VIDAL, Rafael, “Contribución al conocimiento de las plantas exóticas cultivadas en España”, (Continuación), Montes, año VI, nº 35, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1950.



“Contribución al conocimiento de las plantas exóticas cultivadas en España”, (Conclusión), Montes, año VI, nº 36, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, noviembre-diciembre, 1950.

ARREDONDO Y VERDÚ, F<sup>co</sup>, *Estudio de materiales*, Tomos I y II, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1983.

*Generalidades sobre materiales de construcción*, edita: Servicio de Publicaciones Revista Obras Públicas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Madrid, 1990.

ARRIAGA MARTITEGUI, Francisco, et. al., *Guía de la madera*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1994.

ARRIAGA MARTITEGUI, Francisco, “Minergie, Feria de la construcción de viviendas con consumo mínimo de energía”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 203, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2000.

ASENSIO GÁLVIN, Carlos, “Iglesias noruegas de madera”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 196, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1998.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR), *Suscrinorma*, Normas UNE-España-Publicaciones periódicas-CD Rom. Madera normas CD Rom, corcho CD Rom y Adhesivos CD Rom, Madrid, septiembre de 2000.

AUGUSTE, Pierre (director), *Realice Ud. Mismo el aislamiento*, editorial Espasa Calpe, S.A. Madrid, 1971.

BAZZI, María, *Técnicas Pictóricas*, ed. Noguer, Barcelona, 1965.

BAONZA MERINO, M<sup>a</sup> Victoria, “El conocimiento de las termitas como base fundamental en las exigencias del tratamiento preventivo”, *Acomat*, nº 53, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, julio-agosto, 1988.

BARCELÓ, J. R., *Diccionario terminológico de química*, Editorial Alambra, Madrid, 1982.

BASO LÓPEZ, Carlos, “La cadena de la madera en Galicia y el país vasco”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 179, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1996.

“Ligna 2001. Control más completo del secado”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2001.

“Ligna 2001. Nueva tecnología de prensado de Metso”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2001.

“Ligna 2001. Tratamiento de madera sin perjudicar el medio ambiente”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2001.

“Friz guarda las formas. Especialistas en revestimiento de superficies”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 207, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 2000.

“Interzum 2001. La revolución de la madera líquida”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2001.

“Batimat”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 190, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1997.

BERGER, John, “El enigma de El Faiyum”, *Semanal El País, Diario El País*, Año XXIII, Madrid, domingo 20 de diciembre, 1998

BIBLIS, J., “Degradación de tableros contrachapados”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 207, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 2000.

BRIDGEWATER, Alan y BRIDGEWATER, Gill, *Guía completa de la carpintería decorativa*, Editorial Hermann Blume, Madrid, 1987.

BIERLING, Philipe, *El trabajo en madera. Carpintería básica*, Susaeta ediciones, S.A., Madrid, 1994.

BLASS, H. J . et. al., *Timber engineering. Step 1. Step 2*, First edition, Centrum Hout, The Netherlands, 1995.

BROUN, Jeremy, *Enciclopedia de las técnicas de carpintería*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1993.

BRUSI, José M<sup>a</sup>, “La biosfera I: el animal como fuente de materias primas,” en VIAN ORTUÑO, Ángel et. al., *Elementos de ingeniería química*, Editorial Aguilar, 1962.

BUSSET, M., *La técnica moderna del cuadro*, ed. Hachette, S.A., Argentina, 1952.

CABARGA, Gerardo, “92 Maderas en fila: Abedul-Azobe”, *Acomat*, año XII, nº 64, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, mayo-junio, 1990.

“92 Maderas en fila: Bato Bato-Eyo”, *Acomat*, año XII, nº 65, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, julio-agosto, 1990.

“92 Maderas en fila: Fresno-Ozigo”, *Acomat*, año XII, nº 66 edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, septiembre-octubre, 1990.

“92 Maderas en fila: Padoux-Tulipia”, *Acomat*, año XII, nº 67, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1990.

CALVO MANUEL, Ana, *Conservación y restauración, Materiales, Técnicas y Procedimientos de la A a la Z*, Barcelona, Ed. Serbal, 1997.

CALVO SENOVILLA, Rafael, “Ficha técnica de maderas nacionales: El Fresno”, *Acomat*, año XII, nº 67, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1990.

CAMACHO ALTAYA, Antonio, *La madera y su entorno. Vocabularios español y francés ilustrados*, Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid 1988.

CAMUÑAS Y PAREDES, Antonio, *Materiales de construcción*, tomos I y II, 9ª edición, Editorial Latina, S.A., Madrid, 1981.

“Canply Plywood Handbook”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, November, 1999.

“Canply Plywood Design Fundamentals”, Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, November, 1999.

CARRERAS RIVERY, Raquel, *Cómo conocer la estructura de la madera*, edita Generalitat Valenciana, Conselleria de Cultura, Educació i Ciència. Direcció General de Patrimoni Artístic, 1997.

*Manual para la identificación de las principales maderas usadas en el mobiliario antiguo español*, Centro Nacional de conservación, restauración y museología, La Habana, Cuba, 1998.

CASADO BRACHO, J. José, *Racionalización y Normalización del Corcho en la Industria de Primera Transformación*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982.

“Casas de papel” (American Forestry), *Montes*, año IV, n° 23, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1948.

CASSINELLO, F., *Construcción y carpintería*, editorial Rueda, Madrid, 1973.

*Catálogo de Normas UNE*, 1990, Servicio de Publicaciones de AENOR, MADRID, 1990.

CEBALLOS, Luis, “Pinos (Síntesis botánica del género Pinus)”, *Montes*, año III, n° 18, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1947.

“Los nombres científicos de las especies forestales”, *Montes*, año VI, n° 32, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1950.

“Cedria Dekor Lasur”, “Cedria Sol Lasur” y “Cedria Compact Lasur”, Literatura técnica (fichas técnicas) de Cedria® Lasures-barnices, edita *3ABC Lasures*, Barcelona, 2000.

“Cedria Wood Net”, Literatura técnica (ficha técnica) de Cedria® Lasures-barnices, edita *3ABC Lasures*, Barcelona, 2000.

CENNINI, Cennino, *El libro del Arte*, Madrid, Ediciones Akal, S.A., 1988.

“Chapas de madera reconstituida”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 203, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2000.

“Clases de tableros contrachapados norteamericanos”, *APA The Engineered Wood Association*, edited by APA, Tacoma, Washington, 1994.

“Clases de tableros contrachapados norteamericanos”, *APA The Engineered Wood Association*, Nº exp. G830 SP/revisado, editado por APA, Tacoma, Washington, septiembre, 1994.

*Clasificación y definiciones de los productos forestales*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1982.

“Classiformer™”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 177, edita Aitim. (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1995.

“Class1press™ for modern panelboard production” y “Single opening presses for wood based panels”, Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.

“Colas modernas y su aplicación a la madera laminada”, Montes, año I, nº 2, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1945.

COLINA BOTELLO, Manuel de la, *Incidencia del soporte en la pintura y sus manipulaciones técnicas*, Tesis leída en la Facultad de BB. AA. De la Universidad Complutense de Madrid, 1988.

“Concepto erróneo nº 2: toda madera se desintegra, naturalmente, con el tiempo”, *Montes*, año II, nº 9, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Mayo-Junio, 1946.

“Concepto erróneo nº 5: La madera muerta es inferior a la de los árboles vivos”, *Montes*, año II, nº 10, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1946.

“Concepto erróneo nº 6: La madera cortada en invierno es más seca que la cortada en verano”, *Montes*, año II, nº 10, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1946.

“Concepto erróneo nº 8: la madera totalmente desecada no trabaja”, *Montes*, año II, nº 10, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, julio-agosto, 1946.

“Conceptos erróneos acerca de la madera, concepto erróneo nº 11, *Montes*, año II, nº 11, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1946.

“Contipress”, información técnica de la empresa GreCon Dimter, del grupo Weinig, Illertissen (Germany), 2000.

“Contrachapados especiales para construcción. Wisa®-Facade”, literatura técnica de Schauman Wisa®, Schauman Wood Oy, UPM-Kymmene, Lahti, Finland, 2000.

“Contrachapados Sopegar”, “Okoume sélection”, “Joubert primed” y “Joubert paint”, literatura técnica del grupo Joubert, Saint-Jean d’Angély Cedex, France, 2000.

“Control de calidad en el encolado”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 194, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 1998.

*Convención Mundial del Corcho*, Servicio de Publicaciones Agrarias, Madrid, 1982.

COROMINAS, J.– PASCUAL, J. A., *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*).

CORTÉS ARRESE, Miguel, *Los iconos de la Casa Grande*, Consejería de Educación y Cultura, Madrid, 1993.

COUTTS, Bob, “An alternative to plywood”, *Onwood*, CSIRO Forestry & Forest Products, Australia, Summer, 1996-97.

“Reconstituted products from Gippsland eucalyptus”,  
*Onwood*, , nº 23, CSIRO Forestry & Forest Products, Australia, Summer  
1998-99.

CUERDA QUINTANA, Josep (coordinador de textos), *Atlas de Botánica. El mundo de las plantas*, Cultural de Ediciones, S.A., Madrid, 1993.

CURTIS, Helena, *Biología*, 4ª edición, Editorial Panamericana, S. A., México, 1985.

CUTLER, D.F. Y RUDALL, P. J., *Root identification manual of trees and shrubs, (a guide to the anatomy of roots of trees and shrubs hardy in britain and northern Europe)*, Chapman and Hall, London, 1987.

CUTLER, John, *Estructuras del avión*, 2ª edición, editorial Paraninfo, S.A., Madrid, 1989.

DARDES, Kathleen & ROTHE, Andrea (editors), *The structural conservation of Panel Paintings. (Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, April 1995)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1998.

DESCH. H. E., *Timber. Its structure, properties and utilisation*, 6 th Edition, revised by J.M. Dinwoodie, reimpresso en 1982, McMillan Press Ltd.

DEVLIN, Robert H., *Fisiología vegetal*,

DÍAZ ACOSTA, A.; SUPÍN, M. y JIMÉNEZ PERIS, F. J., “Investigación para la producción de tablero de partículas del tallo de la planta de tabaco”, *Montes*, nº 55, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1<sup>er</sup> trimestre de 1999.

*Diccionario Monográfico del Reino Vegetal*, 1ª edición, Editorial Bibliograf, S.A., Barcelona, 1980.

DIEZ BARRA, M. R. et al., *Bases para un banco de datos sobre materiales ligneos, arqueológicos e históricos* en AA. VV., *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, edita Mº de Cultura, Madrid, marzo, 1985.

DOERNER, Max, *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. 5ª edición española de la 16ª edición alemana, editorial Reverté, S. A., Barcelona, 1991.

DOLLFUS, W. y DEGEN, A., *Aeromodelismo (técnica de la construcción y vuelo de aeromodelos)*, 2ª edición, Editorial Hispano Europea, Barcelona, 1960.

DUALDE PÉREZ, Vicente, *Biología*, Editorial Ecir, S.A., Valencia, 1993.

ECO, Humberto, *Como se hace una tesis*, Editorial Gedisa, S. A., Barcelona, 1990.

*Editeco*, nº 139, junio, 1998, Ediciones especializadas, S.A. (EDIESPA), Madrid.

EHRENBERG, Carin, "Mejora de la calidad en los troncos de los árboles", *Montes*, año XXIX, nº 173, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1973.

*El libro del color*, edita Lefranc & Bougeois France, Le Mans, 1991.

"El Lignostone. Un material técnico de múltiples aplicaciones", *Montes*, Año V, nº 30, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, noviembre-diciembre, 1949.

"El LVL sigue creciendo", *Aitim Boletín de Información Técnica*, enero-febrero, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 2002.

"El mundo de la madera", *Acomat*, nº 49, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1987.

"El tablero contrachapado norteamericano en la construcción de cubiertas", APA The Engineered Wood Association, Tacoma, Washington, 1994.

"En Brasil se propone adaptar métodos modernos en las industrias de la madera," *Montes*, Año III, nº 18, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, noviembre-diciembre, 1947.

*Enciclopedia Salvat del Bricolaje*, (10 Tomos), Salvat, S. A. de Ediciones, Pamplona, 1977.

*Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana*, Editorial Espasa Calpe, S.A., Madrid, 1975.



*Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana*, Editorial Espasa Calpe, S.A., Madrid, Anexo 1935.

“Equipos para la valoración del estado interno de la madera”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 191, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1998.

“Especial Canadá”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 162, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1993.

“Evolución del MDF en 1999”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 207, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 2000.

“Fabricación de Madera laminada Encolada y Tablero Alistonado”, literatura técnica y hojas técnicas informativas de Laminor, S.A., Laminados de Madera del Noroeste, S.A., edita Laminor, S. A., Ourense, 2000.

FABRO, Mario dal, *Cómo construir el mueble moderno*, Editorial Ceac, S. A., Barcelona, 1971.

FENGEL, Dietrich y WEGENER, Gerd, *Wood, chemistry, ultrastructure, reactions*, ed. Walter de Gruyter, Berlin, 1983.

FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, Juan Ignacio, “Manipulación, recepción y puesta en obra de tableros de madera”, *Acomat*, nº 55, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1988.

FERNÁNDEZ.-GOLFÍN SECO, J. I., et. al., “Caracterización de la madera de especies de crecimiento rápido”, *Montes*, nº 4, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 2º trimestre de 1995.

FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, Juan Ignacio; FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, José Javier y LÓPEZ GIMENO, Jaime, “La bomba de calor en el secado de la madera aserrada”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 212, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2001.

FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, Juan Ignacio y DÍEZ BARRA, M. Rafael, “Tableros de fibras de densidad media (MDF). Deformación a largo plazo por carga constante y condiciones alternantes.”, *Aitim. Boletín de*

*Información Técnica*, nº 203, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2000.

FERNÁNDEZ-PRIDA Y GARCÍA MENDOZA, Carlos, “utilización de la madera como material de construcción en la industria aeronáutica”, *Montes*, Año VI, nº 31, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, enero-febrero, 1950.

“Fimma y Maderalia ‘97”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 190, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1997.

“Finlandia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 172, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1994.

FONTANILLO MERINO, Enrique (director), *Diccionario de Biología*, 1ª edición, Ediciones Generales Anaya, S.A., Madrid, 1985.

FONT QUER, Pius, *Diccionario de Botánica*, editorial Labor, S. A., 1ª edición, Barcelona, 1993.

FORBES, R. J., *Historia de la Técnica, Fondo de Cultura Económico*, 1ª edición, México, 1958.

FREISCHMIDT, George, “Board production from short-rotation eucalyptus *Onwood*”, nº 34, CSIRO Forestry & Forest Products, Australia, Spring, 2001.

GARCÍA ALBA, Santiago, “Ensayos de comportamiento al fuego. Reacción al fuego de los materiales de construcción”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 182, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Julio-Agosto, 1996.

GARCÍA DE CECA VALERO, José Luis, “La madera de compresión”, *Montes*, nº 4, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Enero, 1985.

GARCÍA ESTEBAN, Luis; GUINDEO CASASÚS, Antonio; PERAZA ORAMAS Y DE PALACIOS, Paloma, *La madera y su tecnología, aserrado, chapa, tablero contrachapado, tableros de partículas y de fibras, tableros OSB y LVL, madera laminada, carpintería, corte y*

*aspiración*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa-Aitim, Madrid, 2002.

GARCÍA ESTEBAN, Luis y DE PALACIOS, Paloma, “La madera de pequeñas dimensiones en la fabricación de tableros alistonados y perfil laminado”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 204, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 2000.

GARCÍA ESTEBAN, Luis; GUINDEO CASASÚS, Antonio y DE PALACIOS, Paloma, *Madera de coníferas. Anatomía de géneros*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Edita Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, 1996.

GARCÍA ESTÉVEZ, Natalia, “Ficha técnica de maderas nacionales: Castaño”, *Acomat*, Año XII, nº 63, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, Marzo-abril, 1990.

GARCÍA NAVARRO, Justo y PEÑA PAREJA, Eduardo de la, “Breve historia de la madera en la construcción (I). De la prehistoria a Grecia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2001.

“Breve historia de la madera en la construcción (III). De la construcción oriental al siglo XIX”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 215, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2002.

GERSPMAYER, Wolfgang, “El secado de la madera”, *Montes*, año XXI, nº 125, (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1965.

GETTENS, R. J. Y STOUT, G. L., *Paintings Materials: A Short Encyclopedia*, Van Nostrand Company, New York, 1942.

G., L., “Nuevos progresos británicos en maderas sintéticas”, *Montes*, año V, nº 26, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1949.

G. OLAYA, Vicente, “Un bosque irrepetible”, *Semanal El País, Diario El País*, Año XXIV, Madrid, Domingo 17 de enero, 1999.

GÓMEZ DE LA SERNA, Ramón, *Greguerías*, El País, Clásicos del siglo XX, Madrid, 2003.

“Greguerías Forestales”, *España Forestal*, noviembre-diciembre, 1927.

GÓNGORA Y BENÍTEZ DE LUGO, E., *El corcho en las instalaciones industriales y domésticas*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982.

GONZÁLEZ ÁLVAREZ, Marco Antonio, “Problemática actual del sector de la madera y mueble. Recomendaciones al reto del mercado único”, *Montes*, nº 29, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 3<sup>er</sup> trimestre de 1992.

“Madera estabilizada térmicamente”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 194, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 1998.

GOTTSEGEN, M.D., *A manual of Painting Materials and Techniques*, Harper and Row Publishers, New York, 1987.

GRAU ENGUIX, Joaquín, Estudio general de aplicaciones del tablero aglomerado de madera en la construcción, editorial Odita, 1978.

GRANJEL, Mercedes et. al., *Guía práctica para la elaboración de un trabajo científico*, Dpto. de Historia de la Medicina, Universidad de Salamanca, 1994.

GREGORY, Peter, “Sigue mejorando la política medioambiental de Metsä-Serla. Aprovechamiento de los residuos para nuevos productos”, Metsä-Serla Corporation, Metsä, Finland, nº 2, verano, 2000.

GRIÑÁN PARÉS, José, *La madera en la construcción*, Tomos I y II: Carpintería de armar, 5ª edición, Ediciones Ceac, S. A., Barcelona, 1965.

“Guía ilustrada de las calidades de las maderas de frondosas” y en “Maderas de frondosas de los EE.UU. Especificaciones”, en *Guía de frondosas boreales para el decorador*, American Hardwood Export Council (AHEC), Londres, 1994.

"Guide to CANPLY plywood", Canadian Plywood Association (CANPLY), North Vancouver, British Columbia, Canada, 2000.

GUINDEO CASASÚS, Antonio, et. al., *Especies de maderas para carpintería, construcción y mobiliario*, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 1997.

GUTIÉRREZ OLIVA, Antonio y FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, José Ignacio, "Cálculo de la densidad y de las variaciones dimensionales de la madera. Equivalencias numéricas entre valores", *Montes*, nº 49, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 3<sup>er</sup> trimestre de 1997.

GUTIÉRREZ OLIVA, Antonio, "Propiedades de la madera", *Acomat*, nº 39, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, Marzo-Abril, 1986.

HAGUE, Jamie, "Pilot plant will strengthen MDF research", *Onwood*, nº 36, CSIRO Forestry & Forest Products, Australia, Autumn, 2002.

HÄKLI, Seppo, "The wood studio plywood project", *Puu*, nº 1, edita Puu, Helsinki, 1997.

"Hardwood expressions. At home with hardwoods", Hardwood Manufacturers Association, Pittsburg, Pennsylvania, 2000.

HAWLEY, Gessner G., *Diccionario de química y productos químicos*, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1993.

HAYES, C., *Guía Completa de Pintura y Dibujo. Técnicas y materiales*, ed. Blume, Madrid, 1975.

HAYWARD, Charles H., *Carpintería y ebanistería prácticas*, Ediciones Ceac, S. A., Barcelona, 1990.

HERMOSO PRIETO, Eva, "Luthier. Arrancando música a la madera", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 194, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 1998.

HERNÁNDEZ FERRERO, Juan, "Consideraciones sobre la conservación de madera estructural en obras de restauración", en AA. VV., *La madera*

*en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura, Madrid, marzo, 1985.

HESS, Manfred, *Defectos de las Capas de Pintura (Causas y remedios)*, ed. Blume, Barcelona, 1973.

HILD, K. W., *Manual del pintor decorador*, editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1950.

HISCOX, G. D. & HOPKINS. A., *EL Recetario Industrial*, 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1990.

HÖNER, Heinrich, *Alrededor del trabajo de la madera*, Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1965.

“How durable is Cypress?”, (literatura técnica de Morris Farms Cypress Sawmill), Southern Cypress Manufacturers Association, Baxley, Georgia, S.F.

HUERTAS TORREJÓN, Manuel, *Recopilación de las Técnicas Pictóricas contenidas en los tratados españoles del siglo XVII y XVIII: su reconstrucción y adecuación a las necesidades plásticas actuales (adaptación personal)*, dir. Manuel López Villaseñor y López Cano, tesis presentada en la UCM, Facultad de BB. AA., Dpto. de Pintura-Restauración y leída el 25 de marzo de 1985.

“Huyendo de la quema” (editorial), *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 212, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2001.

“Identificación electrónica de árboles”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 205, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2000.

“Information Sheet Finger-Joined Studs”, literatura técnica de Ainsworth Lumber Co. Ltd, Vancouver, British Columbia, Canada, 2000.

“Information Sheet-OSB”, literatura técnica de Ainsworth Lumber Co. Ltd, Vancouver, British Columbia, Canada, 2000

“In-Line Glue Kitchen”, literatura técnica de Sunds Defibrator, Sundsvall, Sweden. S. F.

- “Investigación sobre adhesivos”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 215, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2002.
- IZCO SEVILLANO, Jesús, et. al., *BOTÁNICA*, Editorial Mc Graw Hill-Interamericana de España, Madrid, 2002.
- JARDÍ, Enric, *Torres García*, Ediciones Polígrafa, S. A., Barcelona, 1987.
- JACKSON, Albert & DAY, David, *Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería*, Ediciones del Prado, Madrid, 1993.
- JIMÉNEZ, José Luis, “Paneles recubiertos de laminado de alta presión”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 209, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2001.
- JOHNSON, Hugh, *La madera. Origen, Explotación y aplicaciones del más antiguo recurso natural*, Editorial Blume, S. A., Barcelona, 1989.
- JOHNSTON, David, *La madera. Clases y características*, Ediciones Ceac, S. A., Barcelona, 1989.
- JORDAN, Michael, *Guía práctica para el aficionado. BOTÁNICA*, Ediciones Martinez Roca, S.A., Barcelona, 1994.
- JULIA, J., *Poliuretano y aglomerado de corcho*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982.
- KALIA, Pannu, “Finlandia: Construcción de paneles y construcción con paneles”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 196, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1998.
- “Kerto, una nueva libertad de expresión”, literatura técnica, Finnforest, Finland, 2000. (Cortesía de Maderas Medina).
- “Kon-Tiki”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 196, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1988.
- KOLLMANN, Franz, *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*, Tomo I, Mº de Agricultura, IFIE, Madrid, 1959.

“La promesa de la tecnología”, *Montes*, año XXV, nº 149, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1969.

“Trabajo de la madera. Desecación de la madera” en *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978.

“Madera”, en *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971.

KRAEMER KOELLER, Gustav, *Compendio de la conservación de maderas*, Imprenta cervantina, Santander, 1958.

KRANZBERG, Melvin y W. OURSELL Jr., Carroll (editores), *Historia de la tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, (2 Vol.), Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1981.

LACEY, P.M. C., “Resinas sintéticas para la madera” *Montes*, año III, nº 16, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1947.

“La familia de Classiformer™ de Sunds Defibrator”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 176, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Julio-Agosto, 1995.

“La industria del tablero español contrachapado”, *Montes*, año XI, nº 65, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Sept-Oct, 1955.

“La madera en la arquitectura de la Exposición Internacional de Hannover”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 207, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 2000.

“La madera empleada en la construcción de pequeños barcos de la Marina y para barcos salvavidas”, *Montes*, año VIII, nº 47, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes) Madrid, septiembre-octubre, 1952.

“La polución y otras cosas”, sección Colaboraciones de *Acomat*, nº 51, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, marzo-abril, 1988.



LARSON, Leif, "Sunds Defibrator: Tecnología de formación de mantas con acondicionamiento de fibras", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 178, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1995.

"Las colas vinílicas y las de urea-formol, las preferidas por los industriales franceses", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 173, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1995.

"Las industrias de transformación primaria de la madera", *Montes*, año XXVI, n° 153, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, mayo-junio, 1970.

LAURIE, M. A., *La Práctica de la Pintura*, ed. Hernando, S.A., Madrid, 1935.

LAWRENCE, Mike, *Carpintería y vidriería*, editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1995.

LIESA, F<sup>co</sup>. y BILURBINA, Luis., *Adhesivos Industriales*, editorial Marcombo, S. A., Boixareu editores, Colección "Prodúctica", Barcelona, 1990.

"Lignum Strand. Nuevo producto para uso estructural", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 215, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2002.

LÓPEZ GONZÁLEZ, Ginés, *La guía de Incafo de los árboles y arbustos de la Península Ibérica*, Incafo, S. A., Madrid, 1982.

LÓPEZ DE ROMA, Alejandro, "La madera como elemento estructural en la construcción", Ponencia de las III Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, en la revista *Acomat*, n° 52, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, mayo-junio, 1988.

"Patología y protección de la madera", en AA. VV., *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología, Madrid, marzo, 1985.

“Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología, Madrid, marzo, 1985.

“Los adhesivos de la madera y el medio ambiente”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 173, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1995.

“Los lasures solubles en agua”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2001.

LOSOS, Ludwick, *Las Técnicas de la Pintura*, ed. Libsa, Madrid, 1991.

“Los solventes orgánicos estarán prohibidos en EE.UU. a finales de 1995”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 137, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1995.

“Madera contrachapada de Estados Unidos para encofrados”, *American Plywood Association (APA)*, edita APA, Tacoma, Washington, 1992.

“Madera contrachapada estructural para recubrimiento exterior”, *APA The Engineered Association*, edita APA, Tacoma, Washington, septiembre 1994.

“Madera de eucalipto”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 175, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 1995.

“Madera laminada reforzada”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 195, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Septiembre-Octubre, 1998.

“Madera Tanalizada” y “Madera Vacsolizada”, literatura técnica de Impregna, S.A., edita Impregna, S.A., Madrid, 2000.

“Madera termotratada de Stora Enso”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 210, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 2001.

“Madera termotratada o rectificada”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 206, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2000.

“Madera tratada a alta temperatura”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 201, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1999.

“Maderas de frondosas de los EE.UU. Especificaciones”, en *Guía de frondosas boreales para el decorador*, American Hardwood Export Council (AHEC), London, 1994.

“Maderas de frondosas de los Estados Unidos”, American Hardwood Export Council (AHEC), y USDA Foreign Agricultural Service, Spanish (Rev. 8/89), USA, 1989.

MADRID, Indel, *Empleo del corcho en algunos tipos de estructuras*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982.

MAIER, Otto, editorial CEAC.

MALMANGER, Nelly, “Productos innovadores nórdicos”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 209, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2001.

“Batimat 2001. PLS”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 215, edita Aitim, (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2002.

MANAUT VIGLIETTI, José, *Libro de la Pintura*, Editorial Dossat, Madrid, 1959.

MÄNTYRANTA, Hannes, “El papel sigue aunque sus usos finales cambian”, *Metsä-Serla News*, Metsä-Serla Corporation, Metsä, Finland, nº 2, verano, 2000.

*Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978.

*Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo III, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1971.

MARRA, G. G., “La edad de la ingeniería maderera”, *Montes*, año XXXII, nº 186, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1976.

MARTÍN DIÉGUEZ, Joaquín, *La madera y las artes plásticas en AA. VV., La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura, Madrid, marzo, 1985.

“Cedria, un nombre con siglos de historia”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 193, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho) Madrid, Mayo-Junio, 1998.

“La humectación del sustrato en los acabados”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 201, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1999.

“El Palo balsa”, *Montes*, año XV, nº 85, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, enero-febrero, 1959.

“Acabado de la madera. Duración al exterior y temperatura de transición vítrea”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 186, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 1997.

“Acabado de la madera. Duración al exterior y meteorización por agentes atmosféricos”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 187, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 1997.

MARTÍNEZ LABARGA, Juan Manuel, “Ficha técnica de maderas nacionales: Nogal”, *Acomat*, año XI, nº 61, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, noviembre-diciembre, 1989.

MARTÍNEZ RUÍZ, Araceli, “Ficha técnica de maderas nacionales: Abedul”, *Acomat*, año XII, nº 64, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, mayo-junio, 1990.

“Mástiles mecidos por el viento”, *Tempus*, nº 4, editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, 2001.

MATAIX MARTÍN, Luis, *Importancia y perspectivas de la riqueza corchera en Cataluña*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982.

MAYER, Ralph, *Materiales y Técnicas del Arte*, Editorial Blume, Madrid, 1990.

“MDF Manufacturing and Technology”, (MDF Industry Update’99), literatura técnica de Valmet:, Valmet, Sweden, 1999.

MEDINA, Gonzalo, “Suelos laminados”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 207, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 2000.

“Mejora de propiedades de la madera. Impregnación y compresión”, *Montes*, Año IX, nº 54, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, noviembre-diciembre, 1953.

“Mercado de tableros contrachapados”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 215, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2002.

MERINO, Andrés (director), *Biblioteca Atrium de la carpintería. Los materiales*, Vol. 1, Ediciones Océano, S. A., Barcelona, 1993.

*Biblioteca Atrium de la carpintería. Nuevas aplicaciones*, Vol. 5, Ediciones Océano, S. A., Barcelona, 1993.

*Biblioteca Atrium de la ebanistería. Los materiales*, Vol. 1, Ediciones Océano, S. A., Barcelona, 1993.

“Metso Panelboard”, *Aitim*, nº 210, Aitim, Madrid, marzo-abril, 2001.

MIALL – D.W.A. Sharp, *Diccionario de química*, Ed. Alambra, S.A., 1ª ed. Española, 1989, Madrid.

“Microllam”, Información técnica, Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.

MIGUEL MITRE, Emilio, "Los sistemas constructivos de la madera", *Acomat*, nº 54, edita Acomat, Madrid, septiembre-octubre, 1988

MIRANDA FONTES, Mar, "El mundo de la madera a través de los refranes", edita *Acomat* (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Año XII, nº 67, Madrid, noviembre-diciembre, 1990.

*Montes*, año I, nº 2, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1945.

*Montes*, año II, nº 10, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1946.

*Montes*, año VI, nº 31, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, enero-febrero, 1950.

*Montes*, año XIII, nº 73, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, enero-febrero, 1957.

*Montes*, año XIII, nº 74, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1957.

*Montes*, año XIV, nº 81, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Mayo-Junio, 1958.

"Muebles de paja prensada", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 195, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1998.

*Multilingual glossary of terms used in wood anatomy*, Committee on Nomenclature International Association of wood Anatomists, Zürich, 1964.

MUSTO, Lipo, "The magic of red", *Tempus*, nº 1, Stora Enso Oyj, Helsinki, 2003.

NÁJERA Y ANGULO, Fernando, "Aplicaciones industriales de la madera de chopo: Estudio técnico y económico", *Montes*, año XVI, nº 95, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1960.

*La evolución de la técnica en el empleo y aplicaciones de la madera de construcción*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE), Madrid, 1944.

“El problema de la desecación de la madera. Estudio de los sistemas y procedimientos actualmente empleados, *Montes*, año III, nº 13, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Enero-Febrero, 1947.

NÁJERA Y ANGULO, Fernando, et al., *Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares*, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, (IFIE), Madrid, 1969.

NAVARRETE VARELA, Ángeles, “Exigencias en la recepción de la madera en función de las categorías de riesgo”, Ponencia de las III Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, en la revista *Acomat*, nº 53, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, julio-agosto, 1988.

“Näyttelyt. Fiskarsin Kesänäyttely”, *Puu*, nº 3, 1995.

NIETO ALCAIDE, Víctor, *Lucio Muñoz*, Colección: Maestros del arte contemporáneo, Lerner & Lerner editores, Madrid, 1989.

“Notas sobre el sollo o esturión del Guadalquivir”, *Montes*, año III, nº 15, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, mayo-junio, 1947.

“Noticias”, *Acomat*, nº 50, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, enero-febrero, 1988.

NUERE MATAUCO, Enrique, *Notas para una historia de la carpintería en España, plásticas en AA. VV., La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, edita Mº de Cultura, Madrid, marzo, 1985.

*La carpintería de armar española*, Mº de Cultura, Madrid, 1989.

NUERE MATAUCO, Enrique y GUEZALA PORTILLO, Roberto de, “Estructura de madera laminada”, *CIC Información (Centro Informativo de la Construcción)*, *Revista de la Construcción*, nº 293, Madrid, septiembre 2, 1996.

“Nuevas resinas de Bakelite”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 203, Ene-Feb, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 2000.

"Nuevas tendencias en los adhesivos empleados en tableros", *Aitim, Boletín de Información Técnica*, nº 179, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 1996.

"Nuevos paneles de madera maciza", *Acomat*, nº 58, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, mayo-junio, 1989.

"Nuevos productos de protección", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 210, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 2001.

"Nuevos productos transformados de la madera de uso estructural", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 178, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1995.

*Onwood*, CSIRO Forestry & Forest Products, Australia, Summer, 1993.

ORÚS ASSO, Félix, *Materiales de construcción*, editorial Dossat, S.A., 7ª edición, Madrid, 1965.

"OSB" *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 178, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1995.

"OSB en Norteamérica", *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 176, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 1995.

"OSB. Industrial and Construction Applications", Structural Board Association (SBA), Willowdale, Ontario, Canada, 1997.

"OSB. Industrial and Construction Applications", Structural Board Association (SBA), edición española, Willowdale, Ontario, Canada, 1997.

"OSB in wood frame construction", Estructural Board Association (SBA), canadian edition, Willowdale, Ontario, Canada, 2000.

"OSB Design manual. Design Rated Oriented Strand Boards", Structural Board Association (SBA), Willowdale, Ontario, Canada, 1995.



“OSB Technology”, información técnica de Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.

PAHLITZSCH, G., “Trabajo de la madera sin sacar viruta”, *Manual del Ingeniero de Taller*, Tomo I, (por la Academia Hütte de Berlín), 2ª edición, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1978.

PAILINNA, Antero, “El trabajador forestal”, *Tempus*, nº 1, editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, 2001.

PALAIA PÉREZ, Liliana, “Reflexiones sobre teoría-práctica de la restauración de la madera en edificios antiguos”, en *La madera en la conservación y restauración y restauración del patrimonio cultural*, 1ª edición, Edita: Mº de Cultura, dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología. Trabajos presentados en la 5ª Ponencia de la Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción, celebradas en Madrid en marzo de 1985, bajo el patrocinio del I.N.I.A. (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias) y del ANCOP (Agrupación Nacional de Constructores de Obras), Madrid, 1985.

“Panelboard. High Lights 1997”, Sunds Defibrator, Sundsvall, Sweden, 1997.

“Paneles para ebanistería”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 214, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 2001.

PANSHIN, A. J.; HARRAR, E.S.; BAKER, W.J. Y PROCTOR, P. B., *Productos forestales. Origen, beneficio y aprovechamiento*, Salvat Editores, S.A., 1ª edición, Barcelona, 1959.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, Carl de & BROWN, H. P., *Textbook of wood technology*, Volume I, (Structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States), Second edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1964.

“Para la madera se experimentan nuevos campos de aplicación en EE.UU.”, en *Montes*, año IV, nº 23, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1948.

“Parallam”, Información técnica, Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.

PEDRO, Juan de, “Ficha técnica de maderas nacionales: chopo”, *Acomat*, Año XII, nº 67, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios

del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, enero-febrero, 1990.

PELFORT BATALLA, Jaime, “La madera como materia prima en España”, *Montes*, año XXX, nº 177, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1974.

PEDROLA, Antoni, *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas*, Editorial Ariel, Barcelona, 1998.

“Películas de imprimación Casco”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 210, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 2001.

PETRIGNANI, Achille, *Tecnologías de la arquitectura*, Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1970.

PERAZA ORAMAS, César, “La industria del tablero contrachapado en España”, *Montes*, Año IX, nº 51, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Mayo-Junio, 1953.

“Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 56, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Marzo-Abril, 1954.

“Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 57, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, mayo-junio, 1954.

“Empleo, en construcción, de maderas mejoradas por encolado y tableros de residuos”, *Montes*, año X, nº 58, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1954.

“La industria de tableros de madera”, Vª Ponencia del I Congreso Económico Social, organizado por el Sindicato Nacional de la Madera y el Corcho, en *Montes*, año XXII, nº 128, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1966.

PERAZA, Fernando, “Evolución de la protección de la madera”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 206, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2000.

“La madera en el siglo XXI”, *Aitim*, nº 211, Aitim, Madrid, mayo-junio, 2001, Adaptación de Fernando Peraza del artículo de la CTBA Info nº 83 de Daniel Guinard, “Quel avenir pour la production et emploi du bois au XXIème siècle”

“Stora Enso. Entrevista a Päivi Sihvola y Peca Hukkanen de Stora Enso”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 211, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio 2001.

“Tableros de virutas OSB”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 194, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Julio-Agosto, 1998.

PERAZA, J. Enrique, “Evolución histórica de las puertas”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 208, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 2000.

“La evolución de la tecnología en la carpintería”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 206, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2000.

“Treinta y cinco años de los sellos de calidad Aitim”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 216, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 2002.

PÉREZ SÁEZ, José, “Investigaciones sobre las causas que motivan la circulación de la savia elaborada”, *Montes*, año XXXII, nº 183, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1976.

PEY ESTRANY, Santiago, *Carpintería y cerrajería*, Ediciones Ceac, S. A., Barcelona, 1976.

PIERA, Adrián, “Kodama o el espíritu del árbol”, *Acomat*, Año XII, nº 66, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, septiembre-octubre, 1990.

“Planta de tratamiento térmico de la madera en Kotka”, *Tempus*, nº 1, editorial Stora Enso, Helsinki, 2001.

PLINIO, Cayo Segundo, *Historia Natural*, Libro XVI.

“Plywoods, FinnForest”, literatura técnica de FinnForest, Plywood División, Lathi, Finland, 2000.

POZA LLEIDA, José M<sup>a</sup> de la, *La madera y su secado artificial*, Editorial Oikos-tau, S.A., 1<sup>a</sup> edición en lengua castellana, Barcelona, 1991.

“Precursor del tablero OSB”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 195, Madrid, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1998.

PRIETO PRIETO, Manuel, *Los antiguos soportes de madera. Fuentes de conocimiento para el restaurador*, (Tesis Doctoral), ed. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1988.

“Primwood”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 196, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, noviembre-diciembre, 1998.

“Processing of nonwood plants. Panelboard products from nonwood plants”, información técnica, Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.

“Processing of nonwood plants. Pulping of nonwood plants raw materials”, technical information, Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.

“Producción de maderas multilaminas”, *Montes*, Año VI, n° 36, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, noviembre-diciembre, 1950.

“Productos. Composites con plásticos reciclados”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 207, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 2000.

“Puertas multifuncionales para insonorización y resistencia al fuego”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, n° 216, marzo-abril, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, 2002.

PUIG SOLER, Ramiro V., “Evolución de los tableros de partículas”, *Montes* año XXIII, nº 133, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, enero-febrero, 1967.

PUTNAM, R. E. Y CARLSON, G. E., *Diccionario de arquitectura, construcción y obras públicas*, editorial Paraninfo, S. A., Madrid, 1988.

“Quality Timber from Finland. Buyer’s Guide” de Finnish Timber Council, Finland, 2000.

RAMOS, José L., “Placas duras”, *Montes*, Año I, nº 4, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1945.

RAVEN, Peter y CURTIS, Helena, *Biología vegetal*, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1975.

“Reglas básicas para construir una casa”, American Plywood Association (APA), Tacoma, Washington, 1993.

RESCALA, João José, *Pintura em madeira (preparo e restauração do suporte)*, S.A. Artes Gráficas, Bahía, 1955.

*Revestimientos de paramentos flexibles (RPF)*, 1975 en Normas Técnicas de Edificación (NTE), *Revestimientos*, edita Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, MOPU, 2ª edición, Madrid, 1988.

“Revestimientos exteriores. Fibrocemento”, Información técnica, Maderas Medina, Madrid-Toledo, 2000.

REYES T., Víctor, et. al., *Diccionario Inglés-español de términos forestales y silvoindustriales*, Instituto Profesional de Chillan y Universidad del BIO-BIO, 1984.

RICHTER, Klaus y RODRÍGUEZ TRABAJO, Eduardo, “Dendrocronología en España”, *Montes*, nº 5, edita Montes(Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, mayo, 1985.

“Datación de edificios históricos mediante la Dendrocronología”, en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*, trabajos presentados en la 5ª ponencia de las Primeras Jornadas Nacionales de la Madera en la Construcción, edita Mº de Cultura, Madrid, marzo, 1985.

- ROBBINS, Wilfred W. et. al., *Botánica*, Editorial Limusa-Wiley, S.A., México, 1970.
- RODRÍGUEZ BARREAL, José Antonio, *Patología de la madera*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 1998.
- RODRÍGUEZ SANCHO, Isabel, *Nuevos soportes rígidos con fines artísticos*, tesis leída en La Facultad de BB. AA. de la Universidad Complutense de Madrid, 1994.
- RODRÍGUEZ TRABAJO, Eduardo, “La dendrocronología y el carbono 14 en la datación de bienes culturales”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 188, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio y agosto, 1997.
- RODRÍGUEZ TRABAJO, Eduardo, et. al., “Datación de edificios históricos mediante la dendrocronología” en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. 1ª edición. Edita Mº de Cultura, dirección Gral. de BB. AA. y Archivos. Subdirección Gral. de Arqueología y Etnología. Trabajos presentados en la 5ª Ponencia de la Primeras Jornadas Nacionales de la madera en la construcción. Madrid, marzo, 1985.
- ROMÁN Y ARROYO, José Mª, *Química de los materiales para la ingeniería aeronáutica*, editorial Dossat, S.A., Madrid, 1968.
- ROWE, J.W. (Ed), *Natural products of woody plants. Chemicals extraneous to the lignocellulosic cell wall*, 2 vol., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1989.
- RUEDA FERNÁNDEZ, Adolfo, “La calidad de la madera de Valsaín y sus prestaciones de alta resistencia mecánica”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 174, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 1995.
- RUHRBERG, Karl et. al., *Arte del siglo XX*, Editorial Taschen, Barcelona, 2001.
- SAN ANDRÉS MOYA, Margarita, *Aplicación de resinas sintéticas en la conservación y restauración de obras de arte*, Editorial UCM, Facultad Ciencias químicas, Dpto. de Ingeniería Química, Madrid, 1990.

SÁNCHEZ PLAZA, Ángel, “Los pinos y los abetos españoles. Utilización racional de su madera”, *Montes*, año XXV, nº 148, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, julio-agosto, 1969.

“Algunas consideraciones sobre el punto de saturación de la fibra de madera y su determinación”, *Montes*, año XXII, nº 128, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Marzo-Abril, 1966.

SANTAMARÍA GARCÍA, Félix, “Consideraciones acerca del tamaño de las gotas del adhesivo en la impregnación de las partículas de madera para la formación del tablero aglomerado” *Montes*, año XX, nº 119, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1964.

“Algo más sobre el tamaño de las gotas de adhesivo en la impregnación de las partículas de madera para la formación del tablero aglomerado”, *Montes*, año XXIII, nº 134, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1967.

“Propiedades de las cargas en la preparación de colas para la fabricación de los tableros contrachapados”, *Montes*, año XXI, nº 127, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, enero-febrero, 1966.

SASTRE, Alberto, “Pegado elástico de pavimentos de madera”, *CIC Información (Centro Informativo de la Construcción)*, *Revista de la Construcción*, nº 293, Madrid, septiembre 2, 1996.

“Schauman wisa®-Birch. Contrachapado de abedul finlandés”, Información técnica, Schauman Wood Oy, UPM-Kymmene, Lahti, Finland, 2000.

“Schauman Wisa®”, información técnica de Schauman Wood Oy, UPM-Kymmene, Lahti, Finland, 2000.

SCOTT, C. W., “Nociones sobre formación, estructura, propiedades, manufactura y uso de la madera, con referencia especial de la edificación y mueblería”, *Montes*, año X, nº 58, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, julio-agosto, 1954.

“Secadero de vacío”, *Aitím. Boletín de Información Técnica*, nº 205, edita Aitím (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio, 2000.

- SEONAEZ CALVO, Mariano, *Teorías, comentarios y citas sobre la importancia de la vegetación en el pensamiento cosmológico del hombre en la Historia antigua*, Montes, año XXXI, nº 180, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1975.
- SHERLOCK, Fred, *Carpintería en el hogar*, Marcombo Boixareu editores, Barcelona, 1986.
- SIERRA BRAVO, Restituto, *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica*, Editorial Paraninfo, S. A., Madrid, 1988.
- “Sierras Tronzadoras de optimización”, información técnica de GreCon Dimter, del grupo Weinig, Illertissen (Germany), 2000.
- SINTES ARNAIZ, Miguel, “Ficha técnica de maderas nacionales: el roble”, *Acomat*, año XII, nº 60, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, septiembre-octubre, 1990.
- SMITH, Paul I, “Maderas de gran resistencia”, *Montes*, Año III, nº 14, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1947.
- SOLER BURILLO, Manuel, *Mil maderas*, Editorial Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia, 2001.
- “Southern Pine Use Guide”, Southern Forest Products Association, Louisiana, U.S.A., 1996.
- SPANNAGEL, Fritz, *Tratado de ebanistería*, Editorial Gustavo Gili S.A., 3ª edición, Barcelona, 1975.
- STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHENCK, H. y SCHIMPER, A.F.W., *Tratado de botánica*, 8ª edición castellana de la 33ª edición alemana actualizada por Peter Sitte, Hubert Ziegler, Friedrich Ehrendorfer y Andreas Bresinsky, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1994.
- SUONTO, Yrjö, “Suomen Metsämuseo Lusto”, *Puu*, nº 3, edita Puu, Helsinki, 1995.
- “Supra”, información técnica de GreCon Dimter, del grupo Weinig, Illertissen (Germany), 2000.



*Sustancias naturales y materias plásticas. RCM Guía de Productos*, literatura técnica de la ya desaparecida Restauració, Conservació, Materials (R.C.M), Barcelona. S. F.

“Tablero Barnicel”, hojas de información técnica editadas por Interbon, S.A., Burgos, 2000.

“Tablero Bon-del”, hojas de información técnica editadas por Interbon, S. A., Burgos, 2000.

“Tablero contrachapado de bambú”, *Aitim, Boletín de Información Técnica*, nº 203, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2000.

“Tablero de encofrado 3 estratos”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 193, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, mayo-junio 1998.

“Tablero de partículas a partir de la planta de tabaco”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 191, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1998.

“Tablero de partículas de alta densidad para encofrados”, (Información técnica remitida por Agepan), *Montes*, nº 60, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid septiembre-octubre, 1989.

“Tablero de tiras orientadas”, Structural Board Association (SBA), Washington, USA., 2000.

“Tableros curvados multiuso”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 203, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, enero-febrero, 2000.

“Tableros de fibras y tableros de madera aglomerada, (*Informe de una Consulta Internacional sobre Tableros Aislantes, Tableros Duros, y Tableros de Madera Aglomerada, celebrada bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Comisión Económica para Europa. Ginebra, 21 de enero a 4 de febrero de 1957*)”, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1959.

“Tableros estructurales y decorativos. Tableros OSB”, Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.

“Tablero Tricapa Rústico”, Información técnica Lana, S. Coop., edita Lana, S. Coop., Oñati (Guipúzcoa), 2000.

TAYLOR, A. W., “Tableros de madera aglomerada”, *Montes*, año XV, nº 88, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio-Agosto, 1959.

“Tecnología en tableros de paja”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 204, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 2000.

*Tempus*, nº 1, Editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, 2001.

*Tempus*, nº 2, Editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, 2001.

*Tempus*, nº 4, Editorial Stora Enso Oyj, Helsinki, 2001.

“Tendencias en protección de la madera”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 210, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, marzo-abril, 2001, (adaptación del artículo de Alan F. Preston, “Wood preservation. Trends of today that will influence the industry tomorrow”, *Forest Product Journal*, Vol. 50, nº 9).

“Tercer simposium de la Federación Europea de Tableros”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 213, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 2001.

“Termo T, madera estabilizada”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 195, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, septiembre-octubre, 1998.

TÉTREAUULT, Jean, *Measuring Acidity of Volatile Products*, 1992.

“Matériaux de construction, matériaux de destruction,” dans: *La conservation préventive*, Actes du 3<sup>e</sup> Colloque international, éd. par D. Guillemard, Paris, Association des restaurateurs d'art et d'archéologie de formation universitaire (ARAUFU), 1992.

“The Hardwood Handbook. An Illustrated Guide to Appalachian and Southern Lumber”, edited by Southeastern Lumber Manufacturers Association, (SLMA), 2000, Georgia, EE.UU.

“The new medium capacity particleboard process”, información técnica de Valmet Panelboard Oy, Loviisa, Finland, 2000.

THEOPHILE, Le Moine, *Traité des divers Arts*, Se trouvez a Paris chez Emil-Paul Freves librairies, 1924.

“The world of fiber technology”, technical Information, Valmet Panelboard Oy Finland, 2000.

“TJI”, Información técnica, Maderas Medina, S.A., Madrid-Toledo, 2000.

”Todo sobre la gelatina”, literatura técnica de CEFIC, 1990.

TOLSANA ESTEBAN, Eduardo, GONZÁLEZ de LINARES, Víctor M. Y VIGNOTE PEÑA, Santiago, *El aprovechamiento maderero*, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar-Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 2000.

TORRES ALVAREZ, Enrique, “Ficha técnica de maderas nacionales: Haya”, *Acomat*, nº 59, edita Acomat (Revista de la Asociación de Empresarios del Comercio de Madera: tableros, chapas y molduras de Madrid), Madrid, Julio-Agosto, 1989.

“Transformación de un avión de transporte”, *Montes*, año II, nº 8, edita Montes(Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, marzo-abril, 1946.

TURNBULL, James R., “Promoción de los paneles a base de madera”, *Montes*, año XXVII, nº 161, edita Montes(Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, septiembre-octubre, 1971.

ÚBEDA, Ramón, “Materiales mutantes”, *Semanal El País, Diario El País*, nº 234, Año XX, Madrid, Domingo 13 de agosto, 1995.

UGALDE RUIZ DE ASSIN, Isabel, *Rendimiento y mejora del monte alcornocal*, en Convención Mundial del Corcho, Servicio de Publicidad Agraria, Madrid, 1982.

“Una nueva línea de tablero de viruta orientada (OSB) en Europa”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 173, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, Enero-Febrero, 1995.

UNDERWOOD, Frank & WARR, Gordon, *Carpintería*, Editorial Alhambra, S. A., 1ª edición española, Madrid, 1984.

“Un gran mercado para el LVL”, *Aitim. Boletín de Información Técnica*, nº 206, edita Aitim (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho), Madrid, julio-agosto, 2000.

UPM-Kymmene, Schauman Ibérica, S.A., información técnica, Madrid, 2000.

VEISTINEN, Jouko y PENNALA, Erkki, *FinnForest plywood handbook*, FinnForest Plywood Division, Lahti, Finland, 1999.

VELASCO FERNÁNDEZ, Luis, “El corcho y su vertiente industrial”, *Montes*, nº 6, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, Julio, 1985.

“Problemas tecnológicos en el comercio del corcho no manufacturado”, (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias), *Montes*, año XXXII, nº 18, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1976.

“Ventajas del corcho como material aislante”, (INIA) *Montes*, año XXXIII, nº 188, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, 1977.

VEPSÄLÄINEN, Jussi, “Getting down to business”, *Puu*, nº 4, edita Puu, Helsinki, 1996.

VIAN ORTUÑO, Ángel et. al., *Elementos de ingeniería química*, Editorial Aguilar, 1962.

VIGNOTE PEÑA, Santiago et. al., *Tecnología de la madera*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría Gral. Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, 1996.

VIGNOTE PEÑA, Santiago et. al., *Tecnología de la madera en la construcción arquitectónica*, Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 2000.

VIGNOTE PEÑA, Santiago, *Apuntes de tecnología general de productos forestales*, Fundación Conde del Valle de Salazar-Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, 1986.

VIRGILIO, *Eneida*, Libro VI.

VIVO CAMPO, Juan Ignacio, *Clave de identificación de las maderas de frondosas europeas*, (Proyecto Fin de Carrera), Madrid, abril de 1998.

WADSWORTH, John, "MDF – Back to the future", (literatura técnica de Valmet "MDF Industry Update'99"), Valmet, Sweden, 1999.

WEITEMEIER, Hannah, *Yves Klein*, editorial Taschen, Köln, 1995.

WERNER, Alfred, *Raoul Dufy*, Harry N. Abrahams, Inc., Publishers, New York, 1987.

WERNER, Gunnel, "Corrosion of metal caused by wood in closed spaces", in *Recent advances in the conservation and analysis of artefacts*, University of London, Institute of Archaeology, Jubilee Conservation Conference, London, 1987.

"Wisa<sup>®</sup>-Form contrachapado de Schauman para encofrados de hormigón", literatura técnica de UPM Schauman Ibérica, S.A., Finland, 2000.

"Wood of Finland", *Puu*, nº 4, edita Puu, Helsinki, 1996.

W., P., "Productos de madera artificial", *Montes*, Año V, nº 27, edita Montes (Publicación de los Ingenieros de Montes), Madrid, mayo-junio, 1949.

YARWOOD, A., *Carpintería*, Editorial Pirámide, S. A., Madrid, 1987.